

# STUDI KUALITAS PROPAGASI TERRESTRIAL GELOMBANG KA-BAND ANTARA ITS DAN PT. (Persero) INDOSAT Tbk.

## TUGAS AKHIR

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terbit	24.7.2000
Disusun Oleh	H
No. Agenda Pp.	21-1248

BAGUS HAMBALI

NRP. 2295 109 007

RSE

621 384 11

Hamb

A-1

1999



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

1999



**STUDI KUALITAS PROPAGASI TERRESTRIAL  
GELOMBANG KA-BAND ANTARA ITS  
DAN PT. (Persero) INDOSAT Tbk.**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro**

**Pada**

**Bidang Studi Teknik Telekomunikasi**

**Jurusan Teknik Elektro**

**Fakultas Teknologi Industri**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**S u r a b a y a**

**Mengetahui / Menyetujui**

**Dosen Pembimbing**



**Dr. Ir. MOCHAMAD SALEHUDIN, M. Eng. Sc.**

**NIP. 130 532 026**

**S U R A B A Y A**

**Februari, 1999**

## ABSTRAK

---

*Seiring dengan pesatnya perkembangan layanan telekomunikasi, kebutuhan akan spektrum frekuensi lebar pun meningkat pula. Hal ini ditandai dengan padatnya penggunaan spektrum pada L Band, C Band, sampai pada Ku Band. Karena itu dengan penggunaan Ka Band, diharapkan sebagai solusi kebutuhan tersebut. Pada frekuensi Ka Band (20/30 GHz) ini redaman hujan, faktor goegrafi, dan karakteristik kanal propagasi menjadi hal yang sangat penting. Sehubungan dengan kurangnya data – data karakteristik propagasi gelombang Ka Band, khususnya didaerah tropis, maka ITS bekerja sama dengan PT.INDOSAT dan EUT Einhoven membangun link transmisi Ka Band antara ITS Sukolilo dan PT.INDOSAT Kayoon, untuk mempelajari karakteristik propagasi terrestrial gelombang Ka Band tersebut.*

*Pada tugas akhir ini dibahas, perencanaan transmisi gelombang Ka Band antara PT.INDOSAT dan ITS yang berjarak 5,73 km, persiapan perangkat komunikasi yang terdiri dari transmitter dengan EIRP 47 dBm, receiver dengan sensitivitas – 130 dBm, yang dilengkapi dengan sistim akuisisi data yang melakukan data sampling dengan frekuensi 1 Hz dan rain meter dengan resolusi 0,1 mm/h, instalasi perangkat, serta pengukuran awal karakteristik propagasi.*

*Dari observasi singkat sejak November 1998, didapatkan level penerimaan yang bervariasi  $\pm 2$  dBp-p dan redaman hujan yang lebih dari 70 dB apabila curah hujan melebihi 100 mm/hr.*



## **KATA PENGANTAR**

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT, karena atas berkat rahmat dan ridho Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul:

### **STUDI KUALITAS PROPAGASI TERRESTRIAL GELOMBANG**

**Ka BAND ANTARA ITS DAN PT.(Persero) INDOSAT Tbk.**

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi salah satu persyaratan akademis untuk memperoleh gelar SARJANA TEKNIK ELEKTRO pada Bidang Studi Teknik Telekomunikasi – Jurusan Teknik Elektro – Fakultas Teknologi Industri – Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Akhirnya penulis berharap semoga hasil Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Februari 1999

Penulis

## UCAPAN TERIMA KASIH

---

Dengan mengucapkan syukur kehadiran Allah SWT, atas berkat rahmat dan hidayah Nya, penulis menyampaikan terimakasih dan penghargaan setinggi – tingginya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Mochamad Salehudin M. Eng Sc, selaku dosen pembimbing yang telah banyak membantu, membimbing, dan mengarahkan penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Hendry, yang banyak membantu dalam penyusunan dan instalasi perangkat penelitian.
3. Special thanks for Mr. Ludi Wijdemans an EUT expert, for his assistance and support in equipment assembling and installations.
4. Ibu Sri Rahayu .ST selaku dosen wali.
5. Bapak Ir. M. Aries Purnomo selaku Koordinator Bidang Studi Teknik Telekomunikasi.
6. Bapak Ir. Teguh Yuwono selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro FTI ITS.
7. Bapak Ir. Rudi Tridjoko. P, Manager Operasi dan Pemeliharaan PT. INDOSAT Divisi Surabaya.
8. Bapak TP. Agus H, Assisten Manager PT. INDOSAT.
9. Bapak Cendra Wahyudi, SKom, PTH Asisten Manager Stasiun Bumi dan Kabel Banyuurip.

10. Bapak Teguh Prihantoro. ST, Muhammad Taufik. ST, Rekan – Rekan Stasiun Bumi dan Kabel Banyuurip, yang telah banyak memberikan dorongan moril dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Ayah, ibu, istri, dan saudara – saudaraku tercinta, yang banyak memberikan bantuan, dan doa demi selesainya Tugas Akhir ini.
12. Rekan – rekan penghuni Lab 306 dan 301.

## DAFTAR ISI

---

	HALAMAN
JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
 BAB I. PENDAHULUAN	 1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Permasalahan	2
I.3 Tujuan	2
I.4 Metodologi	3
I.5 Sistematika	3
I.6 Relevansi	4
 BAB II. TEORI PENUNJANG	 5
II.1 Pendahuluan	5
II.2 Karakteristik Propagasi	6
II.2.1 Redaman Ruang Bebas	6
II.2.2 Pengaruh Faktor Iklim	7
II.2.2.1 Indeks Refraksi dan Refraktivitas	7
II.2.2.2 Faktor K	8
II.2.2.3 Redaman Hujan	10
II.2.2.3.1 Parameter Model Rice Holmberg	10
II.2.2.3.2 Interval Waktu Satu Menit	12
II.2.2.3.3 Perhitungan Redaman Hujan	14
II.2.2.4 Redaman Awan dan Kabut	16
II.2.2.5 Redaman Uap Air dan Oksigen	18
II.2.3 Pengaruh Faktor Daerah	20
II.2.3.1 Difraksi Gelombang	20
II.2.3.1.1 Pengaruh Permukaan Halus	20
II.2.3.1.2 Pengaruh Permukaan Tajam	23
II.2.3.1.3 Pengaruh Permukaan Tumpul Melengkung	24
II.2.4 Pemantulan Gelombang	26
II.2.4.1 Pengaruh Beda Fase	27



	II.2.4.2	Perhitungan Lokasi Titik Pantul	28
	II.2.4.3	Multipath Fading	28
	II.2.4.4	Daerah Fresnel	29
II.3		Dasar – Dasar Akuisisi Data	31
	II.3.1	Proses Akuisisi Data	32
	II.3.2	Pengumpulan Data	32
	II.3.3	Penyiapan Data	33
	II.3.3.1	Teorema Sampling	33
	II.3.3.2	Proses Sampling dan Error Aliasing	35
	II.3.3.3	Error Kuantisasi	36
	II.3.3.4	Analog to Digital Converter	36
BAB III.		PERENCANAAN LINK MICROWAVE UNTUK PENELITIAN PROPAGASI GELOMBANG Ka BAND	38
	III.1	Perhitungan Rugi – Rugi	38
	III.2	Persiapan Perangkat Radio	43
	III.3	Perhitungan Link Budget	49
	III.4	Sistim Akuisisi Data	50
	III.4.1	Kalibrasi Sistim Akuisisi Data	52
	III.5	Rain Meter	54
	III.5.1	PrinsipKerja Rain Meter	54
	III.5.1.1	Weighing Type	55
	III.5.1.2	Float Type	55
	III.5.1.3	Drop Counter Rain Gauge	56
	III.5.1.4	Tipping Bucket Rain Gauge	56
	III.5.2	Kalibrasi Rain Meter	57
	III.5.3	Perhitungan Redaman Hujan	58
BAB IV.		PENYUSUNAN PERANGKAT DAN PENGUKURAN KARAKTERISTIK PROPAGASI Ka BAND	61
	IV.1	Perhitungan Link Budget	61
	IV.2	Kalibrasi Perangkat Akuisisi Data	63
	IV.3	Hasil Pengukuran	64
BAB V.		KESIMPULAN DAN SARAN	69
	V.1	Kesimpulan	69
	V.4	Saran	70

DAFTAR PUSTAKA  
LAMPIRAN



## DAFTAR GAMBAR

---

Gambar	2.1	Arah Propagasi Gelombang Ka Band Untuk Beberapa K	9
Gambar	2.2	Distribusi Kumulatif Rata – Rata Tahunan	13
Gambar	2.3	Curah Hujan Rata – Rata Tahunan	14
Gambar	2.4	Konstanta Redaman Spesifik Awan dan Kabut	17
Gambar	2.5	Pengaruh Permukaan Halus	21
Gambar	2.6	Difraksi Akibat Permukaan Tajam	24
Gambar	2.7	Difraksi Akibat Permukaan Tumpul Melengkung	25
Gambar	2.8	Hubungan Geometris Pemantulan Gelombang	26
Gambar	2.9	Pengaruh Atenuasi Terhadap Path Clearance	30
Gambar	3.1	Konfigurasi Subsistem Transmitter	44
Gambar	3.2	Konfigurasi Subsistem Receiver	47
Gambar	3.3	Perangkat Akuisisi Data	50
Gambar	3.4	Konfigurasi Kalibrasi Perangkat Akuisisi Data	52
Gambar	3.5	Konfigurasi Pengukuran Curah Hujan	54
Gambar	3.6	Floating Type Rain Gauge	55
Gambar	4.1	Diagram Blok Rangkaian Kalibrasi	64
Gambar	4.2	Intensitas Curah Hujan	65
Gambar	4.3	Pengukuran Curah Hujan Pada LOS A	65
Gambar	4.4	Pengukuran Curah Hujan Pada LOS B	66
Gambar	4.5	Pengukuran Deviasi Frekuensi	67

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

---

#### **I.1 Latar Belakang**

Meningkatnya pertukaran informasi dengan kapasitas tinggi, seperti komunikasi multi media yang membutuhkan spektrum frekuensi sangat lebar, menyebabkan pesatnya peningkatan penggunaan slot frekuensi sampai dengan Ku Band (14/12 GHz). Dengan demikian perlu dicari slot – slot frekuensi baru yang mampu mengakomodasikan keperluan kita akan slot frekuensi dengan spektrum lebar. Sebagai salah satu alternatif adalah penggunaan slot frekuensi Ka Band (30/20 GHz), yang diyakini sebagai solusi dari keterbatasan spektrum frekuensi, baik untuk komunikasi terrestrial maupun komunikasi satellite.

Umumnya penggunaan spektrum frekuensi Ka Band untuk komunikasi terrestrial maupun satellite masih terbatas pada penelitian, yang banyak dilakukan pada daerah – daerah subtropis, seperti yang dilakukan oleh NASA Amerika Serikat dengan proyek ACTS, dan negara – negara Eropa dengan proyek Olympus. Sedangkan untuk daerah tropis hal ini belum dilakukan.

Untuk memenuhi kebutuhan tersebut dilakukan kerja sama antara ITS, EUT Eindhoven, PT.(Persero) INDOSAT Tbk telah melakukan kerja sama penelitian mengenai sistim komunikasi Ka Band antara ITS Sukolilo dan PT. INDOSAT Kayoon Surabaya.

Terdapat beberapa faktor yang sangat mempengaruhi karakteristik transmisi gelombang Ka Band diantaranya, redaman atmosferik, redaman hujan, atau munculnya efek shadowing yang disebabkan oleh bangunan – bangunan, dan efek multipath fading yang mungkin terjadi.

## 1.2 Permasalahan

Untuk membangun jalur komunikasi Ka Band antara ITS Sukolilo dan PT. INDOSAT Kayoon, perlu dilakukan persiapan meliputi:

- Perencanaan link komunikasi antara ITS dan PT. INDOSAT.
- Perakitan transmitter dan penempatannya di tower PT.INDOSAT.
- Perakitan receiver dan penempatannya di perpustakaan ITS.
- Kalibrasi dan integrasi sistim akuisisi data serta rain meter dengan receiver.
- Melakukan kalibrasi perangkat dan pengukuran kualitas transmisi gelombang Ka Band.

## 1.3 Tujuan

Membangun link komunikasi gelombang Ka Band antara PT. INDOSAT Kayoon dan ITS Sukolilo, untuk penelitian karakteristik propagasi terrestrial gelombang Ka Band didaerah tropis, khususnya di Surabaya.



#### 1.4 Metodologi

Adapun metodologi yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Studi literatur dari hasil – hasil penelitian propagasi gelombang pada slot frekuensi diatas 10 GHz untuk komunikasi terrestrial yang pernah dilakukan didaerah subtropis seperti Amerika, Canada, maupun Eropa.
- Melakukan perakitan dan instalasi perangkat komunikasi gelombang Ka Band.
- Melakukan kalibrasi dan integrasi perangkat sistim pengukuran.
- Melakukan pengukuran awal karakteristik propagasi terrestrial gelombang Ka Band antara ITS dan PT. INDOSAT.

#### 1.5 Sistematika

Sitematika penyusunan bab – bab pada penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

##### BAB I Pendahuluan

Berisi Latar Belakang, Permasalahan, Tujuan, Metodologi, Sistematika, dan Relevansi dari penyusunan buku tugas akhir ini.

##### BAB II Teori Penunjang

Berisi teori – teori penunjang yang digunakan untuk merencanakan dan membangun link microwave ITS Sukolilo – PT.INDOSAT

Kayoon. Seperti teori dasar transmisi microwave dan teori dasar sampling.

### BAB III Perencanaan Link microwave Untuk Penelitian Propagasi Gelombang Ka Band

Berisi tentang perencanaan link microwave yang meliputi, perhitungan redaman total, perakitan perangkat transmitter dan receiver, setup perangkat akuisisi data dan kalibrasinya.

### BAB IV Penyusunan Perangkat dan Pengukuran Karakteristik Ka Band

Berisi tentang pemilihan link yang digunakan, kalibrasi perangkat sebelum pengukuran, melakukan pengukuran, dan hasil pengukuran karakteristik kanal propagasi serta analisisnya.

### BAB V Penutup

Berisi kesimpulan dari pembangunan dan pengukuran karakteristik link transmisi gelombang Ka Band serta saran mengenai penelitian yang dilakukan.

## 1.6 Relevansi

Dengan data – data yang didapat dari penelitian yang dilakukan diharapkan dapat menambah kelengkapan atas data - data propagasi terrestrial gelombang Ka Band pada daerah tropis. Dan selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan penggunaan sistim komunikasi gelombang frekuensi Ka Band pada daerah tropis.

## BAB II

### TEORI PENUNJANG

---

#### II.1 Pendahuluan

Keterbatasan akan data – data propagasi Ka Band (30/20 GHz) baik untuk komunikasi terrestrial maupun satelit pada daerah tropis, mendorong berbagai pihak untuk memulai penelitian – penelitian. Mengingat demikian padatnya penggunaan frekuensi yang saat ini sudah mencapai Ku Band (14/12 GHz). Terutama untuk aplikasi – aplikasi dengan spektrum frekuensi lebar, seperti multimedia.

ITS bekerja sama dengan PT. INDOSAT dan EUT Eindhoven, akan membangun link komunikasi terrestrial Ka Band dengan tujuan untuk meneliti karakteristik propagasi terrestrial Ka Band pada daerah tropis khususnya Surabaya. Sistem komunikasi ini terdiri dari subsistem transmitter yang ditempatkan pada tower PT.INDOSAT Kayoon di ketinggian 60 m, dan subsistem receiver yang ditempatkan di perpustakaan ITS pada ketinggian 30 m. Untuk mengambil data hasil pengukuran, receiver dilengkapi oleh sistem akuisisi data yang dapat menyimpan data dengan cara analog menggunakan chat recorder ataupun digital dengan menggunakan data acquisition software pada sebuah PC.

Dengan menggunakan peralatan ini, diharapkan data yang diambil selanjutnya dapat diolah untuk mendapatkan data yang diinginkan seperti redaman hujan, deviasi frekuensi, yang kemudian dihubungkan dengan dengan parameter transmisi lainnya.



## II.2 Karakteristik Propagasi

Dalam perambatannya microwave yang merambat seperti garis lurus dapat mengalami beberapa gangguan yang mempengaruhi karakteristik propagasinya, seperti pemantulan (refleksi), pembiasan (refraksi), penghamburan (difraksi), dan penutupan (blocking). Proses diatas dapat terjadi disebabkan oleh lintasan propagasinya seperti, permukaan tanah & air, gedung, atau kerapatan atmosphere yang tidak uniform.

### II.2.1 Redaman Ruang Bebas

Ruang bebas adalah ruang yang bebas dari sesuatu yang dapat menyerap ataupun memantulkan energi gelombang radio. Redaman ruang bebas didefinisikan sebagai redaman yang timbul diantara dua antenna isotropis dimana pengaruh refleksi, refraksi, difraksi, absorpsi, maupun blocking tidak ada. Besarnya redaman ruang bebas adalah perbandingan antara daya yang dipancarkan oleh antenna pemancar dan daya yang diterima oleh antenna penerima dan dapat dihitung dengan persamaan<sup>1</sup>:

$$L_{dB} = 32,5 + 20\log f + 20\log d \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana :

$L_{dB}$  = redaman ruang bebas (dB)

$f$  = frekuensi kerja (MHz)

$d$  = jarak antara antenna Tx dan Rx (km)

<sup>1</sup> A.A.R Townsend, *Digital Line Of Sight Radio Links A Handbook*, Prentice Hall International Ltd 1988, p.461

## II.2.2 Pengaruh Faktor Iklim

Apabila gelombang elektro magnetik merambat melalui atmosphere maka lintasan yang dibuat sebenarnya tidak mutlak lurus, hal ini bergantung pada indeks refraksi dari atmosphere yang dilalui. Apabila indeks refraksi yang dilalui tidak uniform maka lintasan tersebut akan melengkung (yang dinyatakan dengan faktor K), apabila demikian parah maka gejala ini dapat menimbulkan fading. Selain itu partikel - partikel atmosphere dapat menyebabkan absorpsi dan scattering, hal ini akan sangat berpengaruh apabila frekuensi kerja berada di atas 10 GHz.

### II.2.2.1 Indeks Refraksi dan Refraktivitas

Indeks refraksi didefinisikan sebagai perbandingan antara kecepatan propagasi gelombang radio pada ruang hampa terhadap kecepatan pada suatu media, sesuai dengan persamaan :

$$n = \frac{\text{Kecepatan propagasi pada ruang hampa}}{\text{Kecepatan propagasi pada suatu media}}$$

Pada atmosphere dekat permukaan bumi (troposfir), indeks ratio bisa mencapai 1,003. Skala yang sering digunakan untuk menyatakan indeks refraksi adalah refraktivitas (N) yang dapat dinyatakan<sup>2</sup>:

$$N = (n-1) \cdot 10^6 \dots \dots \dots (2.2)$$

Untuk atmosphere bumi :

<sup>2</sup> Roger L. Freeman, *Radio System Design For Telecommunication (1-100)*, John Wiley & Sons Inc. 1987, p.6

$$N = \frac{77,6}{T} \left[ p + \frac{4810 e_s (RH)}{T} \right] \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana :

$N$  = refraktivitas

$n$  = indeks refraksi

$P$  = tekanan atmosphere (millibar)

$T$  = temperature ( $^{\circ}$  Kelvin)

$e_s$  = tekanan uap air jenuh (milibar)

$RH$  = kelembaban relatif (%)

Pada keadaan standard, refraktivitas mencapai  $300 \pm 20$  N units.

#### II.2.2.2 Faktor K

Faktor K adalah faktor yang menentukan kelengkungan lintasan transmisi gelombang micro. Faktor K ini didefinisikan sebagai perbandingan antara jari – jari kelengkungan gelombang radio yang disebut juga jari – jari efektif bumi terhadap jari – jari bumi sebenarnya. Pada gambar 2.1 akan tampak bagaimana pengaruh beberapa harga K terhadap kelengkungan lintasan.

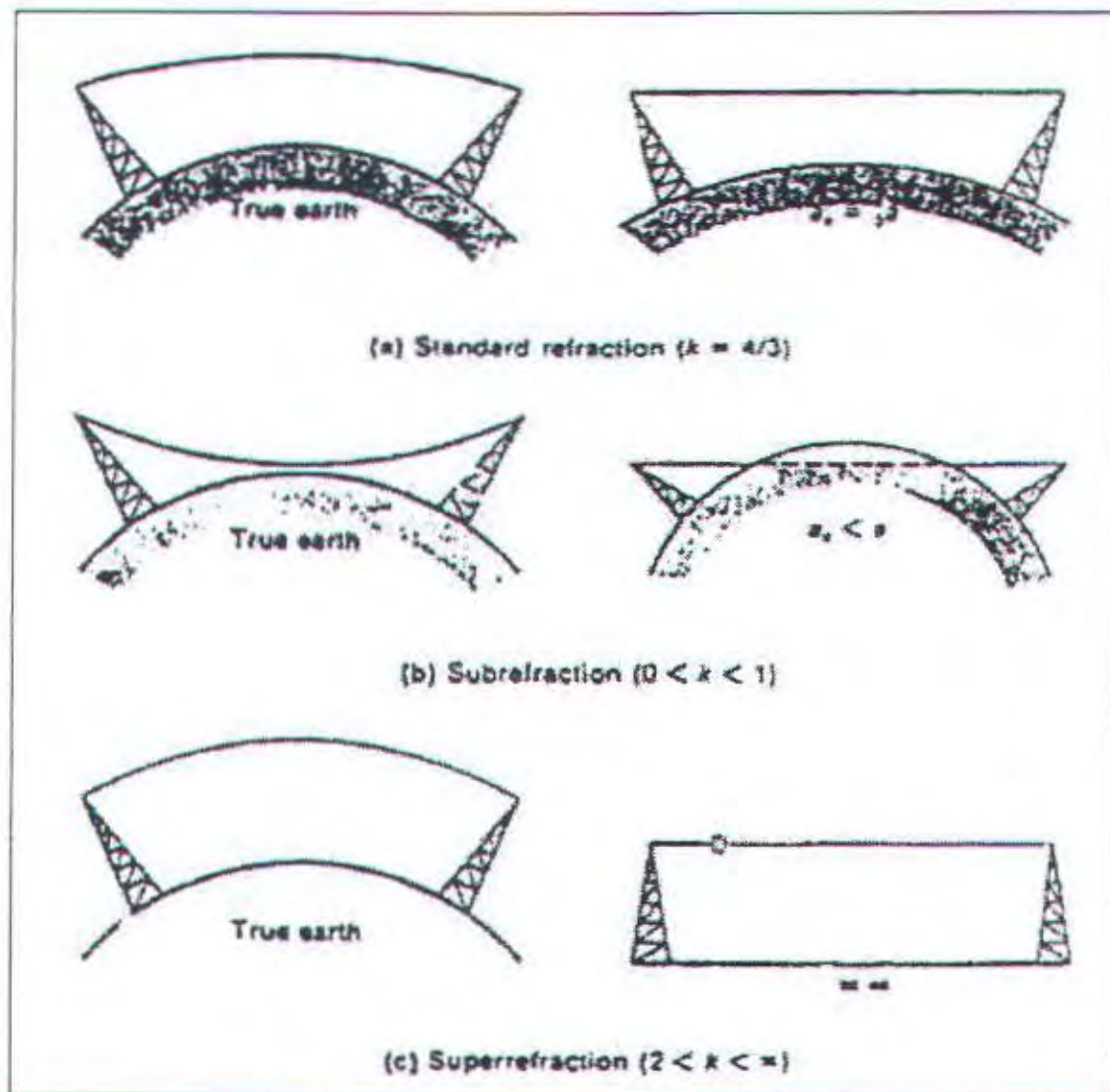
$$K = \frac{r}{r^o} \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana :

$r$  = jari – jari efektif bumi (km)

$r^o$  = jari – jari bumi sebenarnya (km)/6370 km





Gambar 2.1<sup>3</sup> Arah Propagasi Gelombang Radio Untuk Beberapa Harga K

Faktor K dipakai untuk menunjukkan besarnya kelengkungan berkas gelombang yang dirambatkan, dan dapat juga dinyatakan dalam gradien refraktivitas ( $\Delta N/\Delta h$ ) sebagai berikut<sup>4</sup>:

<sup>3</sup> David R. Smith, *Digital Transmission System*, Van Nostrand Reinhold Company Inc New York, 1985, p.371

<sup>4</sup> Roger L. Freeman, Loc.cit

$$K = \left[ 1 + \frac{(\Delta N / \Delta h)}{157} \right]^{-1} \dots \dots \dots (2.5)$$

Pada persamaan diatas terlihat bahwa perubahan gradien refraktivitas menyebabkan perubahan faktor K.

Faktor K dapat mempunyai harga positif, nol, negatif. Pada harga  $\Delta N / \Delta h = -157$  gelombang radio akan mempunyai kelengkungan seperti bumi sehingga lintasan berlaku seperti garis lurus melintasi bumi datar.

### II.2.2.3 Redaman Hujan

Pada komunikasi terrestrial dengan frekuensi Ka Band, redaman hujan adalah faktor yang sangat berarti. Besarnya redaman hujan disebabkan oleh besarnya frekuensi kerja, intensitas hujan, dan distribusi hujan sepanjang lintasan. Karena itu pada sub bab ini akan dibahas prediksi hujan menurut model Rice Holmberg dan redaman hujan itu sendiri menurut persamaan dalam CCIR.

#### II.2.2.3.1 Parameter Model Rice Holmberg

Toal rata -rata kedalaman curah hujan M adalah jumlah dari mode  $M_1$  dan  $M_2$ . Dimana  $M_1$  adalah laju hujan thunderstorm dan  $M_2$  adalah laju hujan statiform. Dinyatakan dengan persamaan <sup>5</sup>:

$$M = M_1 + M_2 \dots \dots \dots (2.6)$$

<sup>5</sup> Rice, Holmberg, *Cumulative Time Statistic of Surface Point Rainfall Rates*, IEEE Transaction on Communications, Vol.Com-21, No.10, October 1973



Sedangkan perbandingan  $M_1$  dan  $M$  didefinisikan sebagai:

$$\beta = \frac{M_1}{M} \dots\dots\dots(2.7)$$

Jumlah periode jam musim hujan t-menit dengan permukaan titik laju hujan  $R$  lebih didefinisikan sebagai jumlah kontribusi dari dua mode:

$$T_t(R) = T_{1t} \cdot q_{1t}(R) + T_{2t} \cdot q_{2t}(R) \quad \text{jam} \dots\dots\dots(2.8)$$

dimana ada 8766 jam dalam satu tahun, sehingga  $T_t(R)/87,66$  merupakan prosen rata – rata tahun selama t-menit dari rata - rata laju curah hujan lebih  $R$  mm/h. Dari data menunjukkan bahwa rata – rata tahunan jam t-menit laju curah hujan untuuk tiap mode cenderung konstan. Disisi lain total jumlah periode musim hujan t menit untuk setiap mode relatif lebih banyak berubah dari tahun ke tahun menurut stasiun - stasiun pencatat.

Total rata –rata tahunan t-menit dari curah hujan Mode 1 dan Mode 2 adalah  $T_{1t}$  dan  $T_{2t}$ . Rata –rata tahunan laju hujan untuk mode 1 dan mode 2 adalah :

$$\overline{R_{1t}} = \frac{M_1}{T_{1t}} \quad \text{mm/h} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\overline{R_{2t}} = \frac{M_2}{T_{2t}} \quad \text{mm/h} \dots\dots\dots(2.10)$$

$M_1$  dan  $M_2$  bukan merupakan fungsi  $t$ , hal ini dibuktikan dari jumlah curah hujan yang dikumpulkan selama suatu periode yang panjang tidak tergantung pada pencatatan interval  $t$ . Akan tetapi jumlah total  $T_{1t}$  dan  $T_{2t}$  dari interval t-menit (dihimpun paling tidak 0,254 mm hujan per interval) tergantung pada  $t$ .



Faktor  $q_{1t}(R)$  dan  $q_{2t}(R)$  adalah komplemen dari distribusi probabilitas kumulatif, dimana setiap faktor adalah jumlah jam dengan laju  $R$  berlebih dari hujan Mode 1 atau Mode 2 dibagi dengan jumlah jam  $T_{1t}$  atau  $T_{2t}$  yang hujannya lebih dari 0,254 mm pada periode  $t$ -menit.

#### IL.2.2.3.2 Interval Waktu Satu Menit

Persamaan yang akan disajikan adalah untuk laju clock minute  $t = 1$ . Clock minute didefinisikan sebagai on the minute untuk periode kontinu  $t$  menit. Untuk kasus umum diman  $t > 1$  menit, lebih dari satu parameter prediksi yang diperlukan untuk menambahkan faktor  $M$  dan  $\beta$ . Penambahan parameter ini adalah jumlah jam pertahun  $D$ . Sehingga persamaan untuk  $q_{1t}(R)$  dan  $q_{2t}(R)$  diasumsikan bahwa jumlah hari musim hujan rata – rata satu tahun adalah :

$$\frac{D}{24} = 1 + \frac{M}{8} \quad \text{hari musim hujan} \dots\dots\dots(2.11)$$

dimana  $D$  dalam jam dan  $M$  dalam mm. Perbandingan antara distribusi kumulatif dengan permukaan laju curah hujan  $R$  untuk berbagai variasi  $t$  dari 1 menit hingga 1 hari ditunjukkan pada gambar 2.2. Untuk harga  $t = 1$ , persamaan umum yang tidak tergantung harga  $D$ , dapat ditunjukkan sebagai berikut :

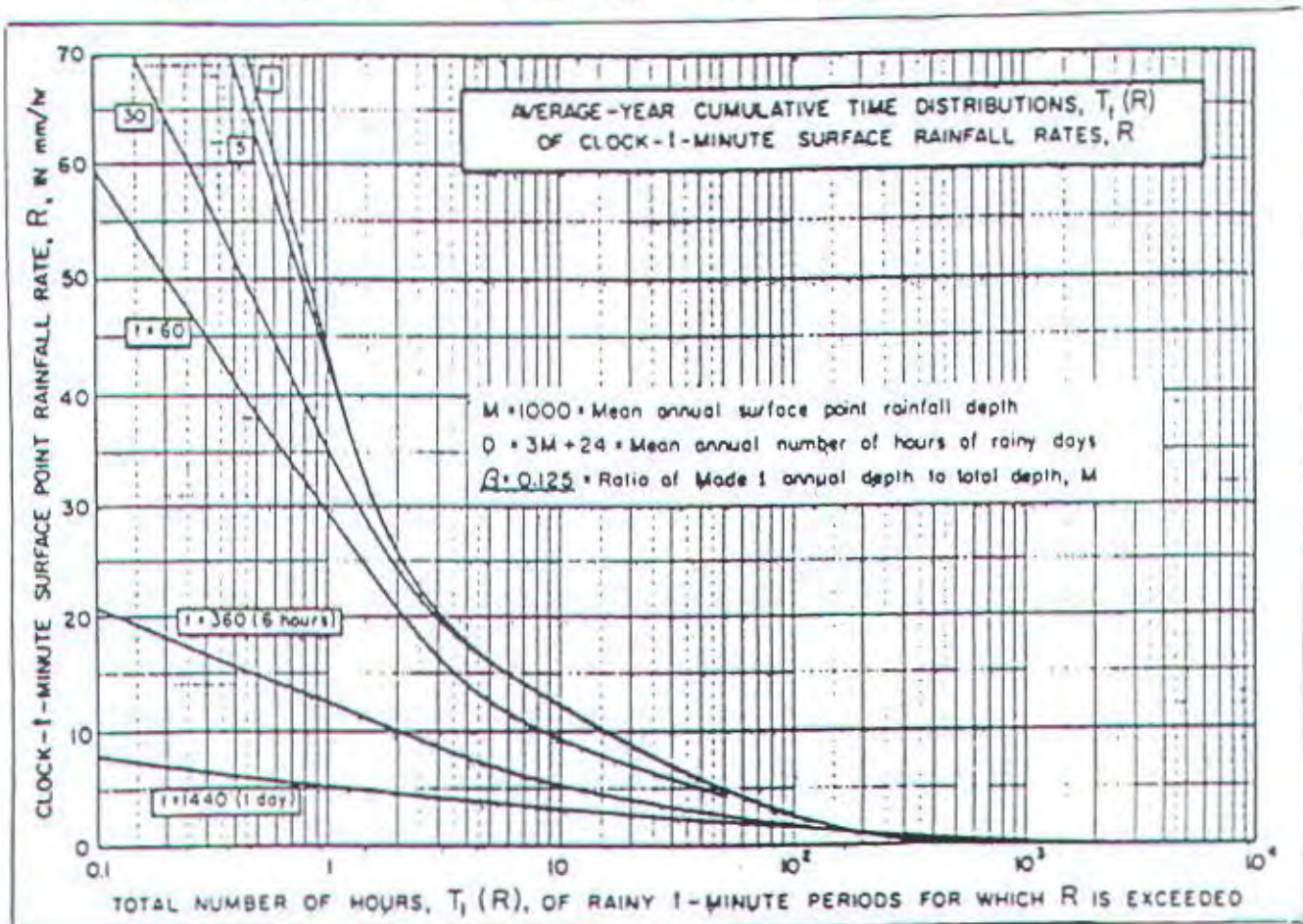
$$q_{1t}(R) = e^{\left(\frac{\bar{R}}{R_{1t}}\right)} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$q_{2t}(R) = 0,35e^{\frac{0,453074R}{R_{2t}}} + 0,65e^{\left[\frac{-2,857143R}{R_{2t}}\right]} \dots\dots\dots(2.13)$$

dengan rata – rata tahunan laju Mode 1 dan Mode 2  $R_{1t}$  dan  $R_{2t}$  hampir mendekati

harga 33,333 dan 1,755505, dan harga  $T_1(R)$  dapat dituliskan:

$$T_1(R) = M \left\{ 0,03\beta e^{(-0,03R)} + 0,21(1-\beta) \left[ e^{0,258R} \cdot (3,2-6) + 1,86 \cdot e^{-1,63R} \right] \right\} \quad (2.14)$$

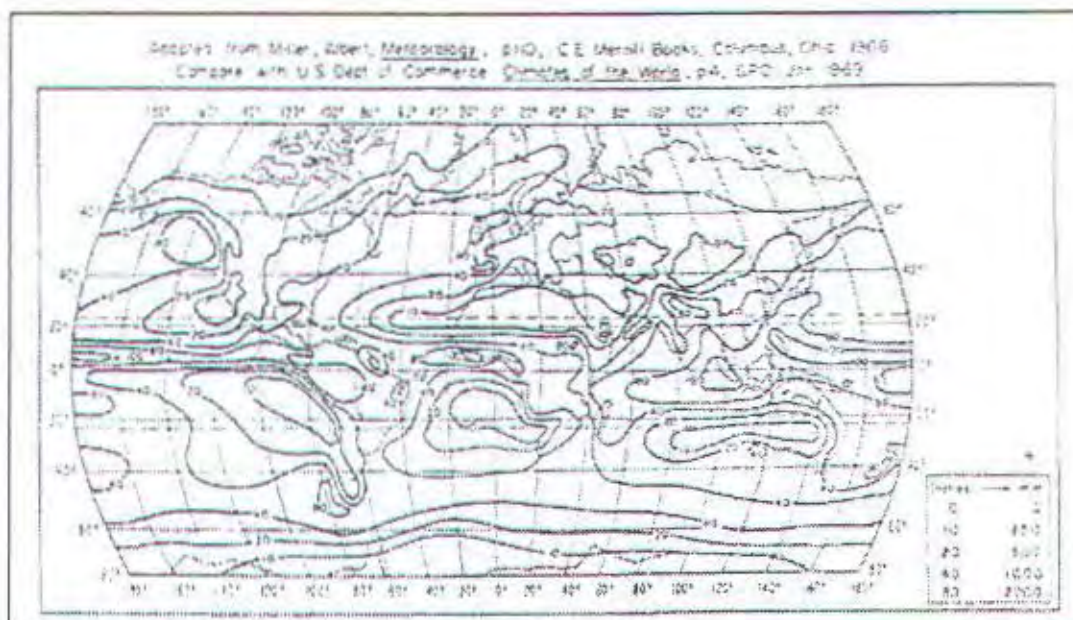


Gambar 2.2<sup>6</sup> Distribusi Kumulatif Rata – Rata Tahunan  $Tt(R)$

Dengan menggunakan hubungan diatas maka distribusi waktu kumulatif dapat dihitung. Gambar 2.2 adalah contoh perhitungan untuk  $t = 1$  menit. Nilai tipikal untuk  $M$  dapat dilihat pada gambar 2.3.

<sup>6</sup> Ibid, p.1133





Gambar 2.3<sup>7</sup> Curah Hujan Rata – Rata Tahunan

#### II.2.2.3.3 Perhitungan Redaman Hujan

Prediksi curah hujan yang dilakukan oleh Rice dan Holmberg sangat membantu kita untuk memperkirakan berapa redaman yang mungkin terjadi. Sedangkan besarnya redaman hujan dapat dihitung dengan persamaan<sup>8</sup>:

$$\gamma_R = k R^\alpha \dots\dots\dots (2.15)$$

dimana;

$\gamma_R$  = redaman spesifik hujan (dB/km)

$k$  dan  $\alpha$  = koefisien redaman hujan

$R$  = intensitas hujan (mm/jam)

<sup>7</sup> Ibid, p.1133

<sup>8</sup> CCIR, Volume V, *Propagation In Non Ionized Media XVIIth Plenary Assembly*, 1990, Report 721-3, p.229



Tabel 2.1<sup>9</sup>  
Koefisien Redaman Hujan

Frequency (GHz)	$K_h$	$k_v$	$\alpha_h$	$\alpha_v$
1	0,0000387	0,0000352	0,912	0,880
2	0,000154	0,000138	0,963	0,923
4	0,00065	0,000591	1,121	1,075
6	0,00175	0,00155	1,308	1,265
7	0,00301	0,00265	1,332	1,312
8	0,00454	0,00395	1,327	1,310
10	0,0101	0,00887	1,276	1,264
12	0,0188	0,0168	1,217	1,200
15	0,0367	0,0335	1,154	1,128
20	0,0751	0,0691	1,099	1,065
25	0,124	0,113	1,061	1,030
30	0,187	0,167	1,021	1,000
35	0,263	0,233	0,979	0,963
40	0,350	0,310	0,939	0,929
45	0,442	0,393	0,903	0,897
50	0,536	0,479	0,873	0,868
60	0,707	0,642	0,826	0,824
70	0,851	0,784	0,793	0,793
80	0,975	0,906	0,769	0,769
90	1,06	0,999	0,753	0,754
100	1,12	1,06	0,743	0,744
120	1,18	1,13	0,731	0,732
150	1,31	1,27	0,710	0,711
200	1,45	1,42	0,689	0,690
300	1,36	1,34	0,688	0,689
400	1,32	1,31	0,683	0,684

Koefesisen  $k$  dan  $\alpha$  merupakan fungsi dari frekuensi dan temperature hujan dimana harga  $k$  dan  $\alpha$  dapat dilihat pada tabel 2.1. Panjang lintasan efektif

<sup>9</sup> Ibid, p.230

berdasarkan CCIR dapat didekati dengan cara mengalikan panjang lintasan sebenarnya dengan faktor reduksi  $r$ . Dimana  $r$  adalah<sup>10</sup>:

$$r = \frac{90}{90 + 4L} \dots\dots\dots(2.16)$$

dimana :

$r$  = faktor reduksi

$L$  = panjang lintasan sebenarnya

Dengan demikian redaman efektif dapat dihitung dengan persamaan<sup>11</sup>:

$$A_{\text{eff}} = A \cdot L \cdot r \dots\dots\dots(2.17)$$

dimana :

$A_{\text{eff}}$  = redaman efektif hujan (dB)

$A$  = redaman spesifik hujan (dB/km)

$L$  = panjang lintasan sebenarnya (km)

$r$  = faktor reduksi

#### II.2.2.4 Redaman Awan dan Kabut

Awan dan kabut adalah kumpulan partikel – partikel air pada lapisan troposfir. Diameter partikel tetes air lebih kecil dari 0,01 cm. Tampak bahwa partikel peredam memiliki jari – jari yang lebih kecil dari panjang gelombang Ka Band, maka digunakan pendekatan rayleigh untuk menghitung redaman awan dan hujan.

<sup>10</sup> Roger L. Opeit, p.404

<sup>11</sup> Ibid, p.405

Besarnya redaman awan dan kabut dihitung menurut CCIR dengan persamaan berikut ini <sup>12</sup>:

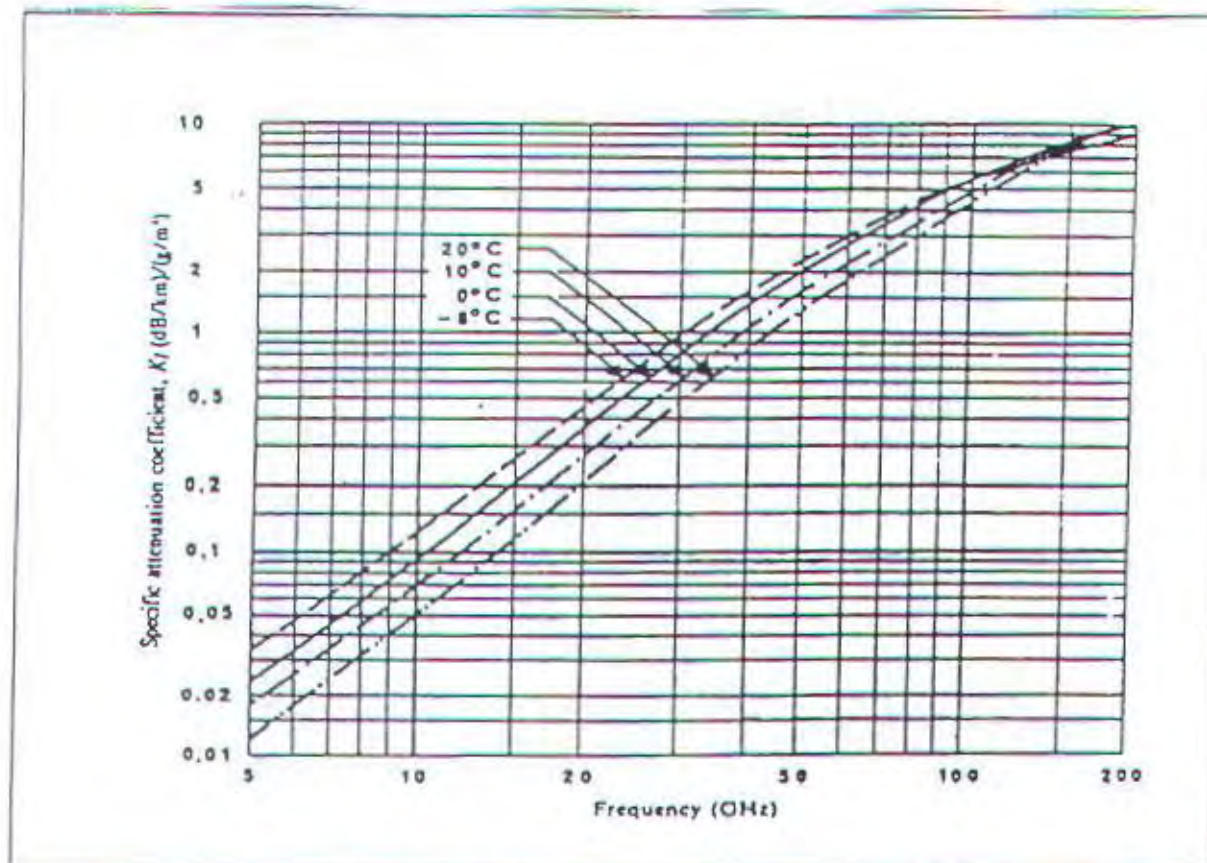
$$\gamma_e = K_1 \cdot M \dots\dots\dots (2.18)$$

dimana :

$\gamma_e$  = redaman spesifik awan dan kabut (dB/km)

$K_1$  = konstantan redaman awan dan kabut

$M$  = kerapatan tetes air ( $\text{gr/m}^3$ )



Gambar 2.4<sup>13</sup> Konstanta Redaman Spesifik Awan dan Kabut

<sup>12</sup> Ibid, p.236

<sup>13</sup> Op cit, Report 721 - 3, p.237



Konstanta redaman awan dan kabut ( $K_1$ ) bergantung pada frekuensi dan temperature. Besarnya harga konstanta ini sebagai fungsi frekuensi pada beberapa temperature terlihat pada gambar 2.4

### II.2.2.5 Redaman Uap Air dan Oksigen

Gas yang sangat mempengaruhi redaman pada atmosphere adalah uap air dan oksigen. Redaman uap air bergantung pada kelembaban temperature, ketinggian, dan tekanan atmosphere. Pada pita – pita frekuensi tertentu 22,2 GHz, 183,3 GHz, dan 325 GHz redaman uap air mempunyai harga yang ekstrim. Hal ini disebabkan adanya resonansi molekul uap air. Sedangkan resonansi oleh molekul oksigen terjadi pada frekuensi 50 – 70 GHz dan 118,74 GHz.

Untuk menghitung redaman uap air diperlukan data kerapatan uap air ( $\text{gr/m}^3$ ). Berdasarkan CCIR kerapatan uap air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan <sup>14</sup>:

$$\rho = 216,7 \times \frac{e}{T} \dots\dots\dots (2.19a)$$

$$H = 100 \times \frac{e}{e_s} \dots\dots\dots (2.19b)$$

$$e_s = a \exp \frac{b \cdot t}{t + c} \dots\dots\dots (2.19c)$$

dimana :

- $\rho$  = kerapatan uap air ( $\text{gr/m}^3$ )
- $e$  = tekanan uap air (mbar)
- $H$  = kelembaban udara relatif (%)

<sup>14</sup> CCIR, Volume V, *Propagation In Non Ionized Media*, XVth Plenary Assembly, 1990, Report 563-4, p.123



$t$  = temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )

$e_s$  = tekanan uap air jenuh (mbar)

$T$  = temperature absolute ( $^{\circ}\text{K}$ )

Selanjutnya redaman spesifik uap air dapat dihitung menurut CCIR dengan persamaan <sup>15</sup>:

$\gamma^w =$

$$\left\{ 0,05 + 0,021\rho + \frac{3,6}{(f - 22,2)^2 + 8,5} + \frac{10,6}{(f - 183,3)^2 + 9} + \frac{8,9}{(f - 325,4)^2 + 26,3} \right\} f^2 \cdot \rho \cdot 10^{-4} \dots\dots\dots(2.20)$$

dengan  $f$  adalah frekuensi dalam GHz.

Sedangkan redaman spesifik oksigen dapat dihitung berdasarkan CCIR dengan persamaan <sup>16</sup>:

$$\gamma^o = \left( 7,19 \times 10^{-4} + \frac{6,09}{f^2 + 0,227} + \frac{4,81}{(f - 57)^2 + 1,50} \right) f^2 \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots(2.21)$$

dengan  $f$  adalah frekuensi dalam GHz.

Besarnya redaman uap air dan oksigen dapat dihitung dengan persamaan <sup>17</sup>:

$$\begin{aligned} A\alpha &= \gamma\alpha \cdot d \\ &= (\gamma_o + \gamma_w)d \text{ (dB)} \dots\dots\dots(2.22) \end{aligned}$$

dimana :

$A\alpha$  = redaman uap air dan oksigen (dB)

<sup>15</sup> Ibid, p.193

<sup>16</sup> Ibid, p.191

<sup>17</sup> Ibid, p.193

$\gamma_o$  = redaman spesifik oksigen (dB/km)

$\gamma_w$  = redaman spesifik uap air (dB/km)

$d$  = panjang lintasan

### II.2.3 Pengaruh Faktor Daerah

Kondisi suatu daerah dapat mempengaruhi terjadinya, refleksi, refraksi, difraksi, dan scattering pada transmisi gelombang elektromagnetik.

#### II.2.3.1 Difraksi Gelombang

Difraksi gelombang adalah pelenturan yang terjadi pada gelombang tersebut. Difraksi terjadi jika gelombang radio menyinggung permukaan penghalang. Difraksi dapat mengakibatkan terjadinya penurunan energi gelombang radio yang diterima oleh antenna penerima. Besarnya redaman yang ditimbulkan difraksi bergantung pada jenis permukaan penghalang. Secara umum permukaan penghalang dapat digolongkan menjadi tiga tipe; permukaan halus (smooth earth), permukaan tajam (knife edge), dan permukaan tumpul melengkung (rounded).

##### II.2.3.1.1 Pengaruh Permukaan Halus

Untuk mengetahui besarnya redaman difraksi yang disebabkan oleh permukaan bumi yang halus, maka langkah pertama adalah mendefinisikan admitansi



permukaan bumi (K). Untuk polarisasi horisontal dan vertikal besar harga K adalah sebagai berikut <sup>18</sup>:

$$K_h = 1,941 \cdot 10^{-3} \cdot (k \cdot f)^{-1/3} [(\epsilon_r - 1)^2 + (18 \sigma / f)^2] \dots\dots\dots (2.23)$$

$$K_v = K_h \cdot [\epsilon_r^2 + (18 \sigma / f)^2]^{1/2} \dots\dots\dots (2.24)$$

dimana ;

$K_h$  = admitansi permukaan bumi untuk polarisasi horisontal

$K_v$  = admitansi permukaan bumi untuk polarisasi vertikal

$k$  = faktor K

$f$  = frekuensi kerja

$\epsilon_r$  = permitivitas relatif permukaan obstacle (F/m)

$\sigma$  = konduktivitas permukaan obstacle (S/m)

Bentuk penghalang dengan permukaan halus (smooth earth) dapat dilihat seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.5<sup>19</sup> Pengaruh Permukaan Halus

<sup>18</sup> Op cit, A.A.R Townsend, p.444

<sup>19</sup> G.Roda, *Troposcatter Radio Link*, Artech House, Inc 1985, p.5

Jika harga admitansi permukaan kurang dari 0,001 maka karakteristik elektrik dari permukaan dapat diabaikan. Tetapi jika harga  $K$  lebih dari 0,001 redaman difraksi perlu diperhitungkan sesuai dengan persamaan<sup>20</sup>:

$$L_{\text{diff}} = F(X) + G(Y_1) + G(Y_2) \quad \text{dB} \quad (2.25)$$

dengan  $F(X)$

$$F(X) = 11 + 10 \log x - 17,6 X \quad (2.26)$$

dimana ;

$$X = 0,064\beta d[f/k^2]^{1/3} \quad (2.27)$$

$$\beta = [1 + 1,6k^2 + 0,75k^2] / [1 + 4,5k^2 + 1,35k^4] \quad (2.28)$$

Untuk polarisasi horisontal pada semua frekuensi dan polarisasi vertikal pada frekuensi diatas 300 MHz, apabila melintasi permukaan laut  $\beta$  biasanya berharga 1.

$G(Y_1)$  dan  $G(Y_2)$  dapat dihitung dengan :

$$Y = 0,01579h \cdot \beta \cdot [f^2 / k]^{1/3} \quad (2.29)$$

Untuk  $Y > 2$  :

$$G(Y) = 17,6 [Y - 1,1]^{1/2} - 5 \log (y - 1,1) - 8 \quad (2.30)$$

Untuk  $10K < Y < 2$

$$G(Y) = 20 \log (Y + 0,1 Y^3) \quad (2.31)$$

Untuk  $K/10 < Y < 10 K$

$$G(Y) = 2 + 20 \log K + 9 \log (Y/K) \cdot [\log(Y/K) + 1] \quad (2.32)$$

Untuk  $Y < K/10$

<sup>20</sup> Op cit, A.A.R. Townsend, p.445

$$G(Y) = 2 + 20 \log K \dots\dots\dots(2.33)$$

dimana :

$L_{diff}$  = redaman difraksi (dB)

$X$  = panjang lintasan ternormalisasi

$Y$  = tinggi antenna ternormalisasi

$d$  = panjang lintasan

$h$  = tinggi antenna

#### II.2.3.1.2 Pengaruh Permukaan Tajam

Besarnya redaman difraksi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan <sup>21</sup>:

$$L(v) = 6,4 + 20 \log [ (v + 1)^{1/2} + v ] \quad \text{dB} \dots\dots\dots(2.34)$$

Dengan nilai  $v$  :

$$v = h [ (2 / \lambda) \cdot (1/d_1 + 1/d_2) ]^{1/2} \dots\dots\dots(2.35a)$$

$$v = \theta \left\{ 2 / \left[ \lambda \left( \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right) \right] \right\}^{1/2} \dots\dots\dots(2.35b)$$

$$v = [2 \cdot h \cdot \theta / \lambda]^{1/2} \dots\dots\dots(2.35c)$$

$$v = [2 \cdot d \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 / \lambda]^{1/2} \dots\dots\dots(2.35d)$$

dimana :

$h$  = tinggi puncak penghalang diatas garis lurus penghubung 2 antenna

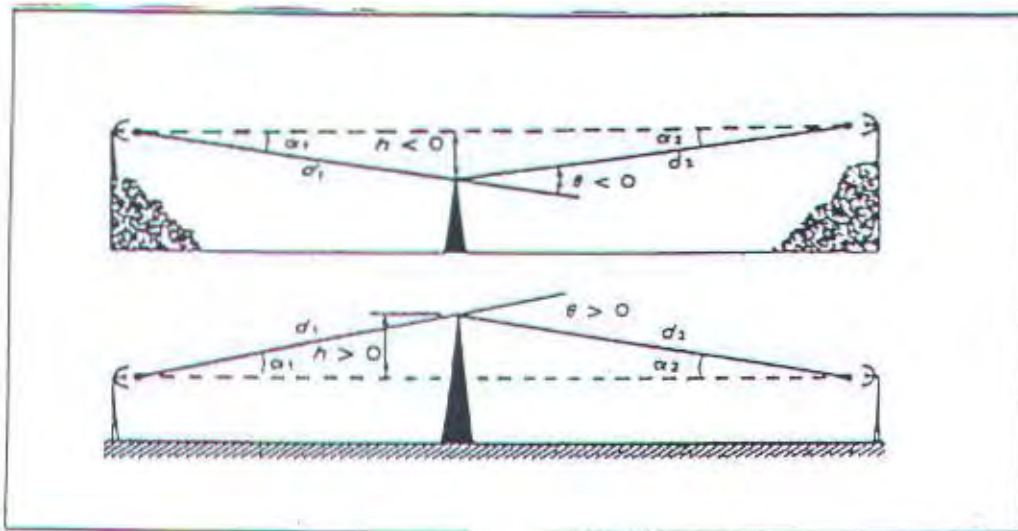
$d_1$  dan  $d_2$  = jarak kedua antenna ke antenna

<sup>21</sup> Ibid, p.448



$\theta$  = sudut difraksi (rad)

$\alpha_1$  dan  $\alpha_2$  = sudut antara puncak penghalang dengan garis lurus



Gambar 2.6<sup>22</sup> Difraksi Akibat Permukaan Tajam

### II.2.3.1.3 Pengaruh Permukaan Tumpul Melengkung

Besarnya redaman akibat difraksi dapat dihitung dengan persamaan<sup>23</sup>:

$$L(r) = L(v) + T(\rho) + Q(X) \dots\dots\dots(2.36)$$

Harga  $L(v)$  dapat dilihat dari gambar 2.5 dengan  $v$  diperoleh dari persamaan :

$$v = [2 \sin (\theta/2)].[2(d_a + R.\theta/2).(d_b + R.\theta/2) / (\lambda d)]^{1/2} \dots\dots\dots(2.37)$$

dimana :

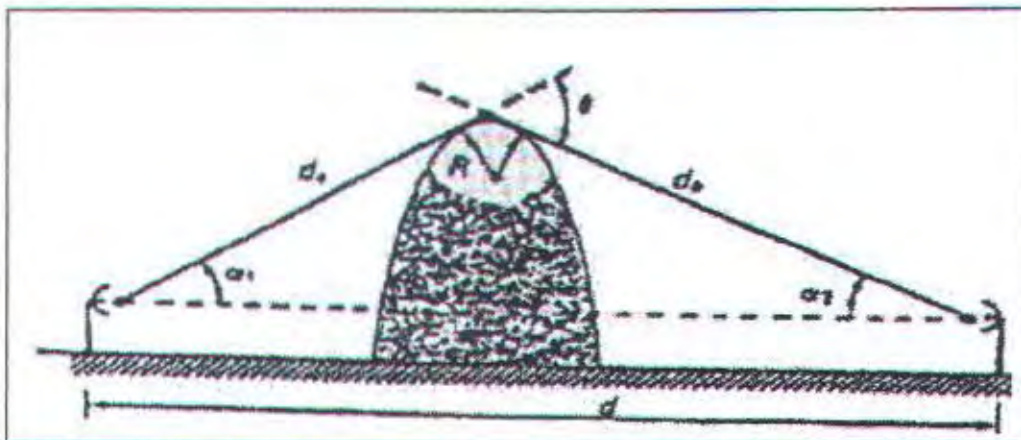
$\lambda$  = panjang gelombang

$d_a$  dan  $d_b$  = jarak antenna ketiap permukaan

<sup>22</sup> Ibid, p.447

<sup>23</sup> Ibid, p.448

$R$  = jari – jari efektif kelengkungan permukaan



Gambar 2.7 <sup>24</sup> Difraksi Akibat Permukaan Tumpul Melengkung

Harga  $T(\rho)$  dapat dihitung dengan :

$$T(\rho) = 7,2 \rho - 2, \rho^2 + 3,6 \rho^3 - 0,8 \rho^4 \dots\dots\dots(2.38)$$

$$\text{Dengan : } \rho^2 = [(d_b + d_s) / (d_b \cdot d_s)] \cdot [(\pi \cdot R / \lambda)^{1/3} \cdot 1/R]^{-1} \dots\dots\dots(2.39)$$

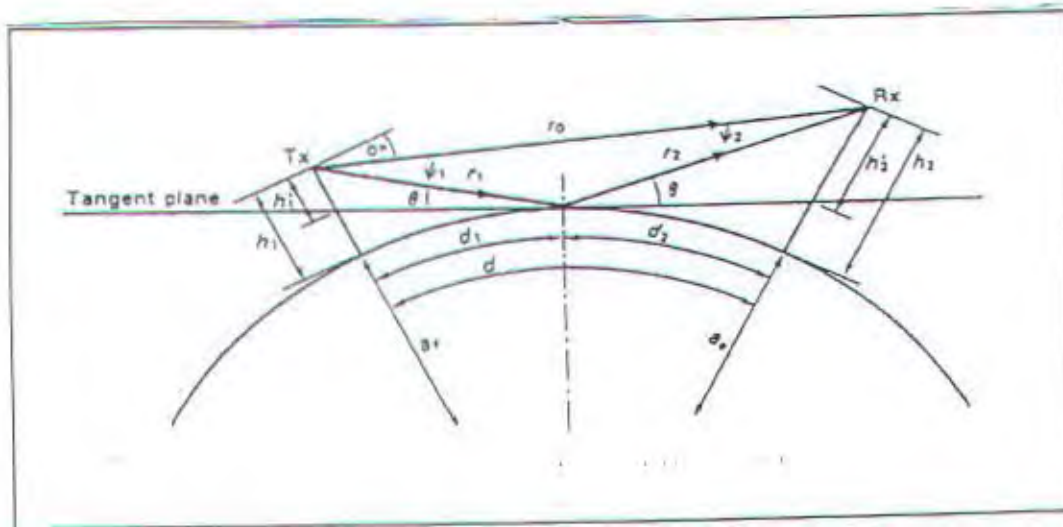
Sedangkan harga  $Q(X)$  diperoleh dari :

$$Q(X) = \begin{matrix} T(\rho) \cdot X / \rho & \text{untuk } -\rho \leq X < 0 \\ 12,5X & \text{untuk } 0 \leq X < 4 \\ 17X - 6 - 20 \log X & \text{untuk } X > 4 \end{matrix} \dots\dots\dots(2.40)$$

$$\begin{aligned} \text{Dengan : } X &= [(\pi \cdot R / \lambda)]^{1/3} \cdot \theta \\ &= [(\pi/2)^{1/2} \cdot v \cdot \rho] \text{ jika } \theta \leq 1 \dots\dots\dots(2.41) \end{aligned}$$

<sup>24</sup> Ibid, p.447

## II.2.4 Pemantulan Gelombang



Gambar 2.8<sup>25</sup> Hubungan Geometris Pemantulan Gelombang

Permukaan dibawah lintasan dapat memantulkan gelombang yang ditransmisikan. Dengan demikian maka penerima dapat menerima gelombang langsung dan gelombang pantul. Gelombang langsung dan pantul saling berinterferensi dapat menguatkan atau melemahkan, sesuai dengan perbedaan fase yang ditimbulkan. Untuk redaman penghantar sempurna, besarnya redaman sinyal yang diterima dapat dihitung dengan persamaan<sup>26</sup>:

$$L_{ref} = -6 - 10 \log [\sin^2(\pi \Delta r / \lambda)] \dots\dots\dots (2.42)$$

dimana :

$\Delta r$  = beda lintasan antara gelombang datang dan pantul

<sup>25</sup> A.A.R. Townsend, Loc.cit

<sup>26</sup> Ibid, p.443



$\lambda$  = panjang gelombang

#### II.2.4.1 Pengaruh Beda Fase

Dari gambar 2.6 diatas diperoleh perbedaan panjang lintasan antara gelombang langsung dan pantul adalah sebagai berikut <sup>27</sup>:

$$\Delta r_{(plane)} = 2.h_1.h_2/d \dots\dots\dots(2.43)$$

dimana :

$h_1$  dan  $h_2$  = tinggi antenna diatas bidang tangen

$d$  = jarak antara Tx dan Rx

sedangkan perbedaan fase dapat diperoleh dari persamaan <sup>28</sup>:

$$\begin{aligned} \Delta\phi_r &= \Delta r_{(plane)} . (2\pi/\lambda) \\ &= 4.\pi. h_1.h_2 / (\lambda/d) \quad \text{radian} \dots\dots\dots(2.44) \end{aligned}$$

Untuk sudut singgung yang kecil, perubahan fase mendekati  $180^\circ$  atau  $\pi$  radian.

Sehingga beda fase total antara gelombang langsung dan pantul adalah :

$$\Delta\phi = [ 4.\pi. h_1.h_2 / (\lambda/d) ] + \pi \quad \text{radian} \dots\dots\dots(2.45)$$

Dengan demikian maka kedua gelombang tersebut akan saling menguatkan apabila :

$$2. \pi. h_1.h_2 / (\lambda/d) = (2n+1) \pi / 2 \dots\dots\dots(2.46)$$

dan akan saling melemahkan apabila :

$$2. \pi. h_1.h_2 / (\lambda/d) = n\pi \dots\dots\dots(2.47)$$

<sup>27</sup> A.A.R. Townsend, Loc.cit

<sup>28</sup> A.A.R. Townsend, Loc.cit

### II.2.4.2 Perhitungan Lokasi Titik Pantul

Berdasarkan CCIR untuk menentukan letak titik pantul, kita perlu mendefinisikan variabel – variabel berikut ini <sup>29</sup>:

$$m = d^2 / [4 a^e (h_1 + h_2)] \dots\dots\dots(2.48)$$

$$c = (h_1 - h_2) / (h_1 + h_2) \text{ untuk } h_2 > h_1 \dots\dots\dots(2.49)$$

$$b = 2[(m+1)/3m]^{1/2} \cdot \cos [\pi/3 + 1/3 \arccos \{(3c/2)[3m/(3m+1)^3]^{1/2}\}] \dots\dots\dots(2.50)$$

dimana :

$$a^e = \text{jari – jari efektif bumi}$$

Dengan demikian lokasi pantul adalah :

$$d_2 = (d/2) \cdot (1 + b) \dots\dots\dots(2.51)$$

Dengan beda panjang lintasan :

$$\Delta r = (2 \cdot d_1 \cdot d_2 / d) \cdot \theta_2 \dots\dots\dots(2.52)$$

Dan sudut singgung :

$$\theta = [(h_1 + h_2) / d \cdot [1 - m(1 + b^2)]] \dots\dots\dots(2.53)$$

### II.2.4.3 Multipath Fading

Multipath fading adalah redaman yang terjadi apabila gelombang langsung dan gelombang pantul saling berinterferensi. Adapun redaman yang timbul dapat dihitung dengan persamaan berikut untuk (preliminary set up) <sup>30</sup> :

$$A = G - 57 - 36 \log d + 8,9 \log f - 14 \log (1 + \varepsilon_p) - 10 \log p \dots\dots\dots(2.54)$$

<sup>29</sup> CCIR, Volume V, *Propagation In Non Ionized Media, XVth Plenary Assembly*, 1986, Reprint 1008 -1, p.78

<sup>30</sup> Olsen Roderic L, Tjelte Terje, *World Wide Technique For Predicting The Multipath Fading Distribution On Terrestrial L.O.S. Link: Background and Test Result*, 1992

dimana :

$G$  = Geoclimatic Faktor (dB)

$d$  = jarak (km)

$f$  = frekuensi (GHz)

$p$  = persen waktu (%)

$$\text{Dimana } G = 10 \log K + 57 \text{ dB} \dots\dots\dots (2.55)$$

Sedangkan untuk link yang sudah pasti lintasannya digunakan metode yang kedua dengan mempertimbangkan lokasi dan daerah titik pantul<sup>31</sup>:

$$A = G - 46 - 33 \log d + 9,31 \log f - 11 \log (1 + \epsilon_p) - 12 \log \phi - 10 \log p \dots\dots\dots (2.55)$$

dimana :

$\epsilon_p$  = average grazing angle (mrad)

$$\epsilon_p = 1000 \text{Arc tan} \left[ \frac{|h_r - h_e|}{1000d} \right] = |h_r - h_e| / d \text{ mrad} \dots\dots\dots (2.56)$$

Dengan menggunakan faktor  $G$  diharapkan faktor daerah seperti awan dan kabut sudah dapat dikompensasi, demikian pula akibat sudut pantul  $\phi$ .

#### II.2.4.4 Daerah Fresnel

Daerah fresnel adalah bidang dalam arah frontal terhadap lintasan propagasi, yang dikembangkan berdasarkan kenyataan bahwa energi microwave bersifat

---

<sup>31</sup> Ibid, p.3



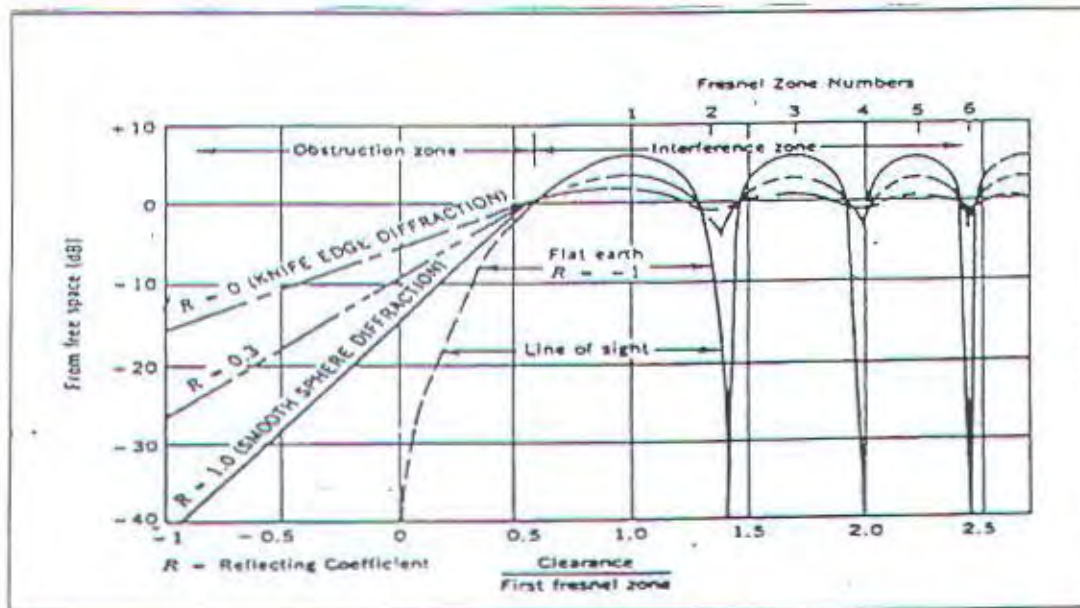
menyebar pada saat propagasi. Jari – jari daerah fresnal dapat dihitung dengan persamaan<sup>32</sup> :

$$R_n = 17,3 \sqrt{\frac{n}{F_{012z}} \frac{d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2}} \quad \text{m} \dots \dots \dots (2.57)$$

dimana :

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

$$d_1 \text{ dan } d_2 = \text{jarak} \quad \text{km}$$



Gambar 2.9<sup>33</sup> Pengaruh Attenuation Terhadap Path Clearence

Besarnya redaman lintasan dalam hubungannya dengan derajat kebebasan lintasan dapat dilihat pada gambar 2.7. Dari gambar terlihat bahwa pengaruh

<sup>32</sup> Roger L.Freman, Opnit, p.14

<sup>33</sup> Ibid, p.15

obstruction loss dapat diabaikan dengan mengusahakan minimal 0,6 dari bagian resnel dari obyek penghalang.

### II.3 Dasar – Dasar Akuisisi Data

Sistim akuisisi data adalah sebuah sistim yang digunakan untuk mengambil data real time, meyimpannya, mengolahnya, dan kemudian menampilkannya sesuai dengan kebutuhan kita. Data yang diambil dapat merupakan data – data digital, ataupun data data analog. Apa bila data yang akan diambil adalah data analog, maka harus diubah kedigital untuk memudahkan pengambilan, penyimpanan, pengiriman, pengolahan, ataupun penampilannya nanti.

Pada sistim ini data dapat dalam bentuk raw data (data kasar) atau dalam bentuk olahan. Setelah data ini diambil, disimpan data dapat dikirimkan untuk selanjutnya diolah. Pengolahan data yang dilakukan dapat merupakan pengolahan data yang sederhana dengan perbandingan empiris biasa sampai dengan simulasi atau manipulasi matematika yang rumit. Untuk kemudian ditampilkan dalam bentuk matang.

Urutan proses – proses ini membuat, macam sistim komunikasi data bergantung dengan jenis sumber data yang dicuplik. Dengan demikian salah satu tahap terpenting adalah melakukan *analog to digital conversion* (ADC). ADC yang digunakan dapat berupa modulasi pulsa PCM, atau PCM encoder dengan kecepatan yang sesuai dengan sinyal yang akan diteliti. Selanjutnya sebelum merubah sinyal menjadi data yang siap diubah ke analog, perlu dilakukan pengkondisian, penguatan



dengan rangkaian amplifier (logaritmik amplifier) ataupun pembatasan (pemberian attenuator) sesuai dengan keadaan data tersebut. Sedangkan untuk mengkonversikan lebih dari satu sumber harus digunakan multiplexer.

### II.3.1 Proses Akuisisi Data

Proses yang dilakukan pada sistim akuisisi data ini sangat bergantung pada sinyal yang akan diproses dan hasil yang kita harapkan. Secara umum proses yang dilakukan terdiri dari, pengumpulan data, perekaman data, penyiapan data, kualifikasi data, dan analisa data.

### II.3.2 Pengumpulan Data

Pada proses pengumpulan data dilakukan perubahan data dari yang bersifat non elektrik ke bentuk elektrik untuk selanjutnya dapat dikenakan proses elektrik atasnya. Karena itu peralatan yang penting pada tahap ini adalah transducer. Transducer yang sempurna akan mengeluarkan sinyal output  $y(t)$  untuk setiap sinyal input  $x(t)$  yang disesuaikan dengan konstanta kalibrasi  $c$  (misalnya).

Namun keadaan seperti ini adalah keadaan ideal dimana peralatan yang kita gunakan berfungsi sebagaimana yang kita harapkan. Pada kenyataannya transducer tidak dapat bekerja selalu linier untuk setiap input. Sehingga hal ini yang akan menjadi sumber dari kesalahan pada proses selanjutnya.



### II.3.3 Penyiapan Data

Pada proses penyiapan data ini dilakukan pembentukan data sesuai dengan karakteristik dari alat yang kita gunakan. Pada tahap ini dilakukan penguatan (dengan rangkaian amplifier) apabila sinyal yang diterima terlalu lemah untuk diproses atau dilakukan pembatasan (dengan menggunakan attenuator) apabila sinyal yang kita terima terlalu besar, tahap ini disebut *pre editing*. Kemudian raw data yang biasanya masih berupa sinyal analog ini, dirubah ke bentuk digital. Proses digitalisasi ini melalui beberapa tahapan seperti sampling, quantizing, dan coding.

#### II.3.3.1 Teorema Sampling

Jika suatu signal  $x(t)$  dari suatu proses acak  $x_k(t)$  dengan interval 0 sampai T detik maka bentuk transformasi fourier – nya adalah :

$$X(f) = \int_0^T x(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad (\text{Hz}) \dots\dots\dots (2.58)$$

Jika  $x(t)$  merupakan fungsi periodik dengan periode T, dan kenaikan frekuensi dasar  $f = 1/T$ , maka dengan deret fourier didapat :

$$X(t) = \sum_{-\infty}^{\infty} A_n e^{j2\pi nt / T} \quad (\text{detik}) \dots\dots\dots (2.59)$$

dimana :

$$A_n = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) e^{-j2\pi nt / T} dt \dots\dots\dots (2.60)$$

sehingga diperoleh :

$$X\left(\frac{n}{T}\right) = \int_0^T x(t) e^{-j2\pi n t / T} dt = T A_n \dots\dots\dots(2.61)$$

hasil ini dapat digunakan untuk mencari  $x(f)$  untuk semua harga frekuensi dan hasil ini dinamakan teorema sampling untuk daerah frekuensi, dan harga kenaikan  $1/T$  dinamakan *Nyquist Cointerval*.

Jika  $X(f)$  merupakan transformasi fourier dari beberapa sampel acak dari  $x(t)$  yang terletak dari  $-B$  sampai dengan  $B$  Hz dan bernilai nol untuk harga lainnya maka invers transformasi fourier adalah :

$$x(t) = \int_{-B}^B X(f) e^{j2\pi f t} df \dots\dots\dots(2.62)$$

dan jika  $X(f)$  merupakan fungsi periodik dengan periode  $2B$  Hz dengan kenaikan waktu  $t = 1/2B$  maka :

$$X(f) = \sum_{-\infty}^{\infty} C_n e^{-j2\pi n f / B} df \dots\dots\dots(2.63)$$

dimana :

$$C_n = \frac{1}{2B} \int_{-B}^B X(f) e^{j2\pi n f / B} df = 2B C_n \dots\dots\dots(2.64)$$

hasil ini dapat digunakan untuk mencari  $x(t)$  untuk semua harga  $t$ , juga dinamakan teorema sampling untuk daerah waktu dan kenaikan waktu  $1/2B$  dinamakan *Nyquist Interval*. Jika sample  $x(t)$  terletak pada interval  $0$  sampai dengan  $T$  detik dan transformasi fourier  $X(f)$  pada interval  $-B$  sampai dengan  $B$  maka jumlah sample yang dibutuhkan untuk menyatakan  $x(t)$  adalah :

$$N = \frac{2B}{1/T} = 2BT \dots\dots\dots(2.65)$$

dan jika  $x(t)$  di sampling pada titik Nyquist Interval  $1/2B$  pada periode 0 sampai dengan  $T$  maka :

$$N = \frac{T}{1/2B} = 2BT \dots\dots\dots(2.66)$$

sehingga jumlah sample diskrit pada proses sampling Nyquist cointerval dalam daerah frekuensi maupun Nyquist pada daerah waktu adalah sama.

### IL.3.3.2 Proses Sampling dan Error Aliasing

Proses sampling yang dilakukan pada sinyal analog untuk merubahnya menjadi sinyal digital biasanya dilakukan dengan periode sampling yang tetap. Yang menjadi masalah adalah bagaimana menentukan periode sampling untuk sinyal yang mempunyai perioda acak. Dari persamaan – persamaan diatas disebutkan jumlah nilai sample diskrit minimal untuk menyatakan sinyal yang mempunyai panjang  $T$  dan bandwidth  $B$  adalah  $N = 2BT$ , sehingga interval maksimum antar sample adalah  $\Delta t = 1/(2B)$ . Jika titik sample yang diambil lebih maka akan dihasilkan nilai sample yang berlebih, sedangkan apabila kurang akan terjadi aliasing pada saat recovery menjadi sinyal analog.

Apabila sinyal analog disampling dengan periode  $\Delta t$ , maka frekuensi samplingnya adalah  $1/\Delta t$  sps. Dengan demikian berdasarkan teorema sampling didapat frekuensi maksimum (frekuensi Nyquist) :



$$f_c = \frac{1}{2\Delta t} \quad (\text{Hz}) \dots\dots\dots(2.67)$$

Untuk menghindari error aliasing pada proses digitalisasi kita dapat memberikan low pass filter sebelum melakukan proses digitalisasi, karena sampai saat ini belum ada repons low pass filter yang demikian curam. Maka dipakai frekuensi cut off filter aliasing sebesar 70 – 80 % dari frekuensi nyquist untuk memastikan semua data diatas frekuensi nyquist dapat ditahan.

#### II.3.3.3 Error Kuantisasi

Pada proses digitalisasi sinyal hasil sampling selanjutnya dibulatkan pada level – level tertentu, proses ini disebut kuantisasi. Pada saat pembulatan ini tentunya banyak terjadi kesalahan dengan menganggap sama beberapa level sinyal hasil sampling yang pada kenyataannya berbeda. Hal ini disebut error kuantisasi.

Error ini dapat diatasi dengan menambah level – level kuantisasi yang digunakan, yang disesuaikan dengan keperluan akan ketelitian hasil yang diinginkan. Dalam prakteknya error kuantisasi bukanlah penyebab utama kesalahan yang terjadi pada prosedur akuisisi data.

#### II.3.3.4 Analog to Digital Coverter

Analog to digital converter adalah perangkat yang digunakan untuk merubah sinyal analog menjadi sinyal digital. Dimana didalamnya terjadi proses – proses sampling, kuantising dan coding. Analog to digital conveter yang digunakan biasanya

merubah sinyal digital menjadi sistim biner 2 digit atau sistim ASCII 10 digit.

Adapun kesalahan yang dapat ditimbulkan oleh ADC antara lain :

- Aperture error, hal ini dapat timbul karena periode sample data yang digunakan lebih besar dari data sesaat.
- Jitter, kesalahan ini timbul akibat interval antar sample lebih kecil dari beberapa data yang acak.
- Nonlinieritas, kesalahan ini adalah akibat dari jarak kuantisasi.

### BAB III

#### PERENCANAAN LINK MICROWAVE UNTUK PENELITIAN PROPAGASI GELOMBANG Ka BAND

---

Pada perencanaan suatu link microwave, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain, line of sight antara kedua sisi (transmit dan receive), rugi – rugi lintasan (free space loss) dan path clearance dari lintasan yang akan digunakan, serta karakteristik perangkat yang akan dipakai. Perencanaan link microwave yang dilakukan saat ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana karakteristik propagasi gelombang Ka Band di daerah tropis, karena itu dilengkapi juga perangkat akuisisi data yang merekam karakteristik propagasi gelombang Ka Band dan rain meter (pengukur curah hujan). Pada perencanaan link microwave ini akan dibahas, perhitungan link budget saluran transmisi microwave, set up perangkat transmitter, receiver, data akuisisi, dan rain meter serta instalasinya.

#### III.1 Perhitungan Rugi -rugi

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar rugi – rugi yang mungkin ditimbulkan oleh suatu saluran transmisi, sehingga dapat ditentukan karakteristik perangkat yang akan digunakan. Adapun link transmisi microwave Ka Band yang akan dibangun saat ini, menghubungkan PT. INDOSAT Kayoon dan ITS Sukolilo, mempunyai data – data sebagai berikut:



- **Data**

$$d = 5,73 \quad \text{km}$$

$$f = 28 \quad \text{GHz}$$

$$h_e = 60 \quad \text{m} \quad (\text{tinggi transmitter})$$

$$h_r = 30 \quad \text{m} \quad (\text{tinggi receiver})$$

- **Perhitungan free space loss**

$$\begin{aligned} L_{fs} &= 32,5 + 20 \log d + 20 \log f \\ &= 136,61 \quad \text{dB} \end{aligned}$$

- **Perhitungan Fresnel Zone**

Dilengkapi dengan data - data link antara PT. INDOSAT - ITS (Perpustakaan)

yang ada, perhitungan first fresnel zone adalah sebagai berikut:

- Terhadap obstacle 1 (Antenna Metrosel)

$$\text{Jarak } d_1 = 3,6504 \quad \text{km}$$

$$\text{Jarak } d_2 = 2,0796 \quad \text{km}$$

$$\text{Jarak } \Delta = 69 \quad \text{m}$$

- Terhadap obstacle 2 (Gedung KONI)

$$\text{Jarak } d_1 = 4,0842 \quad \text{km}$$

$$\text{Jarak } d_2 = 1,6458 \quad \text{km}$$

$$\text{Jarak } \Delta = 216,8 \quad \text{m}$$

Dengan menggunakan persamaan fresnel didapat:

$$F1 = 17,3 \sqrt{\frac{d1.d2}{(F\text{GHz}.d)}}$$

First Fresnel Zone untuk obstacle pertama = 3,7631 m

First Fresnel Zone untuk obstacle kedua = 3,5411 m

Dengan demikian path clearance dari kedua obstacle tersebut dapat dihitung dengan:

$$h = h_1 - \frac{d_1}{d}(h_1 - h) - \frac{d_1.d_2}{2.k.a} - h_s$$

Apabila tinggi obstacle pertama dan kedua  $\pm 30$  m didapat jarak path clearance untuk obstacle pertama dan kedua adalah ;

- Untuk obstacle pertama,  $h = 10,44$  m
- Untuk obstacle kedua,  $h = 8,22$  m

Sehingga dari perhitungan tersebut didapat bahwa kedua obstacle tersebut diluar first fresnel zone.

#### - Perhitungan Titik Pantul

Dengan data yang ada, perhitungan lokasi titik pantul adalah sebagai berikut :

$$d_1 = \frac{d}{2} \times (1 + b)$$

$$b = 2\sqrt{\frac{m+1}{3m}} \cos \left[ \frac{\pi}{3} + \frac{\text{Arc cos} \left( \frac{3c}{2} \sqrt{\frac{3m}{(m+1)^3}} \right) \right]$$

didapat :

$$d = 5,73 \text{ km}$$

$$d_1 = 3,827 \text{ km}$$

$$d_2 = 1,903 \text{ km}$$

Dengan demikian perhitungan diatas menunjukkan bahwa titik pantul dari link microwave ITS – PT.INDOSAT, berada 1,903 km dari receiver yang dipasang dipergustakaan ITS. Apabila dilihat daerah 1,903 km dari receiver di perpustakaan ITS ke arah PT.INDOSAT Jalan Kayoon, titik pantul sinyal tersebut jatuh pada daerah pemukiman penduduk, perumahan Kertjaya Indah.

#### - Perhitungan Multipath Fading

Perhitungan multipath fading ini dilakukan, mengingat besarnya pengaruh yang dapat ditimbulkan oleh efek multi path pada frekuensi kerja diatas 10 GHz. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

- Dengan menggunakan metode pertama ;

$$A = G - 57 + 36 \log d + 8,9 \log f - 14 \log |1 + \epsilon_p| - 10 \log p$$

Dimana ;

$$G = 10 \log K + 57 \text{ dB}$$

$$G = 8,18772 \text{ dB}$$

$$|\epsilon_p| = 1000 \arctan [ |h_r - h_e| / 1000.d ] \text{ mrad}$$



$$|\epsilon_p| = 0,2999779 \quad \text{mrad}$$

$$A = 9,7659 \quad \text{dB}$$

- Dengan menggunakan metode kedua ;

$$A = G - 46 + 33 \log d + 9,3 \log f - 11 \log |1 + \epsilon_p| - 12 \log \phi - 10 \log p$$

Dimana ;

$$G = 10 \log K + 46 \quad \text{dB}$$

$$G = 8,8772 \quad \text{dB}$$

$$\phi = \text{grazing angle} \quad \text{mrad}$$

$$\phi = \frac{he + hr}{d} \times [1 - m(1 + b^2)]$$

$$m = \frac{d^2}{4a_e(he + hr)}$$

$$c = \frac{|he - hr|}{he + hr}$$

$$b = 2\sqrt{\frac{m+1}{3m}} \cos \left[ \frac{\pi}{3} + \frac{\text{Arc cos} \left( \frac{3c}{2} \sqrt{\frac{3m}{(m+1)^3}} \right)}{3} \right]$$

didapat ;

$$m = 0,0107408$$

$$c = 0,3333333$$

$$b = 0,3357$$

$$\phi = 0,015879 \quad \text{mrad}$$

$$A = 41,275 \quad \text{dB}$$

- **Rugi – rugi keseluruhan**

Dengan menggunakan metode pertama ;

$$\begin{aligned}\Sigma A &= \text{Free Space Loss} + \text{Multipath Fading} \\ &= 146,3759 \text{ dB}\end{aligned}$$

Dari perhitungan kasar diatas didapat nilai rugi – rugi yang ditimbulkan oleh saluran transmisi adalah sebesar 146,3759 dB.

### III.2 Persiapan Perangkat Radio

Pada persiapan perangkat terdapat beberapa hal yang dilakukan, antara lain sebagai berikut:

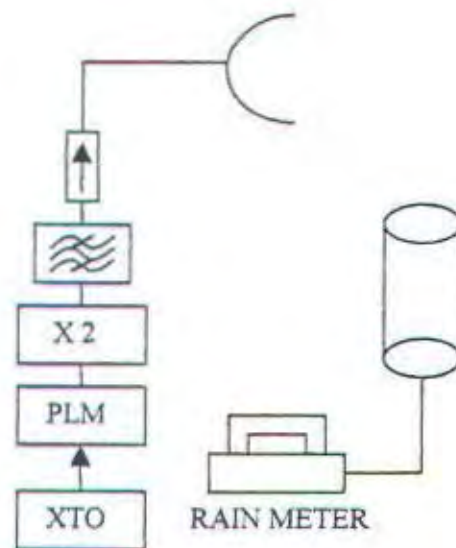
- Merakit perangkat radio yang terdiri dari transmitter dan receiver.
- Mengintegrasikan perangkat radio dengan sistim akuisisi data
- Melakukan stability test perangkat

Secara garis besar perangkat yang kita gunakan dibagi menjadi dua subsistim yaitu transmit subsistim dan receive subsistim.

- **Subsistim Transmitter**

Subsistim transmitter yang kita rakit terdiri dari dua bagian, pertama adalah perangkat radio memancarkan continues wave 28 GHz, dan rain meter. Adapun konfigurasi subsistim transmitter tersebut adalah sebagai berikut :





Gambar 3.1 Konfigurasi Subsistem Transmitter

Data perangkat :

- Parabolic antenna

Diameter : 21 cm  
 Gain : 33 dB  
 Frekuensi : 28 GHz  
 $f/D$  : 0,0375  
 Beamwidth :  $3,57^{\circ}$

- Isolator

Produksi : Sierra Microwave Technology  
 Frequency : 26,0 to 30,0 GHz



VSWR	:	1,401	Max
Isolation	:	16	dB Min
Insertion Loss	:	0,6	dB Max
Temperature	:	- 54 <sup>0</sup> to 85 <sup>0</sup>	<sup>0</sup> C (Operating)

- Phase Lock Oscillator

Produksi	:	Mitec	
Frequency	:	28000	MHz
Output Power	:	15	dBm (Mearsured)

- Crystal Oscillator

Produksi	:	Mitec	
Frequency	:	93,333333	MHz
Output Power	:	- 0,5	dBm

- Prinsip Kerja Transmitter

Crystal Oscillator mengeluarkan output sinyal continues wave frequency 93,333333 MHz. Kemudian sinyal ini diinputkan pada PLM PLL untuk dinaikkan frekuensinya 150 kali menjadi 13999,99995 MHz. Output dari PLL ini kemudian dikalikan dua lagi oleh frekuensi multiplier menjadi 28000 MHz. Setelah itu sinyal tersebut dilewatkan pada harmonic filter untuk membersihkan sinyal yang akan dipancarkan dari frekuensi harmonisanya. Keluaran harmonic filter, sinyal dilalukan pada isolator untuk menjaga rangkaian transmitter dari daya yang dipantulkan oleh antenna transmitter akibat dari kemungkinan tidak match - antenna.

### - Subsistim Receiver

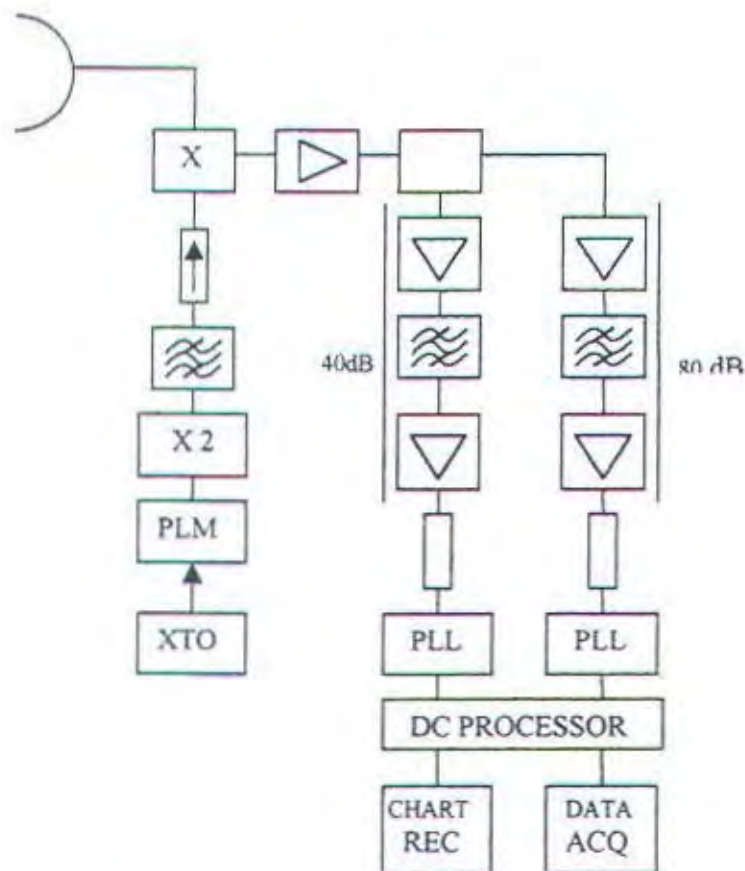
Subsistim receiver yang akan kita gunakan berfungsi untuk menerima sinyal yang dipancarkan oleh transmitter, merekam level penerimaan tersebut dan perubahan – perubahan yang terjadi pada sinyal tersebut, serta mengukur laju curah hujan yang timbul pada lokasi receiver. Dengan demikian subsistim receiver terdiri dari :

- Radio Penerima
- Sistim akuisisi data
- Rain meter

### - Prinsip Kerja Receiver

Receiver menerima sinyal yang dipancarkan oleh transmitter melalui antenna dengan penguatan 33 dB. Sinyal penerimaan yang telah dikuatkan ini kemudian diinputkan pada mixer. Pada mixer sinyal ini dicampur dengan sinyal output dari crystal oscillator 93,300000 MHz yang telah dikonversikan menjadi 27990 MHz oleh PLM PLL dan frekuensi multiplier. Hasil output dari mixer ini adalah sinyal *intermediate frequency* (IF) dengan frekuensi 10 MHz yang kemudian diinputkan pada penguat IF, penguatan yang dilakukan bertujuan untuk menghindari *interference* oleh frekuensi di lingkungan yang mungkin terjadi. Sinyal IF ini kemudian dibagi menjadi dua jalur dan masing – masing dikuatkan dengan tingkat penguatan yang berbeda, jalur pertama 40 dB dan jalur kedua 80 dB. Adanya dua tingkat penguatan yang berbeda ini bertujuan untuk mempertinggi *dynamic range* dari receiver ini,

karena setiap jalur penguatan bekerja linier pada level input yang berbeda. Hasil penguatan dari kedua jalur tersebut, kemudian diinputkan pada kedua receiver. Output dari kedua receiver tersebut kemudian diinputkan pada sistim data aquisisi yang selanjutnya akan merekam karakteristik sinyal yang diterima. Untuk lebih jelasnya konfigurasi perangkat receiver adalah sabagai berikut



Gambar 3.2 Konfigurasi Subsistim Receiver



## Data perangkat :

## - Parabolic antenna

Diameter	:	21	cm
Gain	:	33	dB
Frekuensi	:	28	GHz
f/D	:	0,0375	
Beamwidth	:	3,57	°

## - Phase Lock Oscillator

Produksi	:	Mitec	
Frequency	:	27990	MHz
Output Power	:	15,4	dBm (Measured)

## - Crystal Oscillator

Produksi	:	Mitec	
Frequency	:	93,300000	MHz
Output Power	:	+ 0.3	dBm

## - Mixer

RF/LO coverage	:	4 to 40	GHz
IF operation	:	DC to 2	GHz
LO power range	:	+ 10 to +15	dBm

### III.3 Perhitungan Link Budget

Sebagai perhitungan awal pada perhitungan link budget ini, diasumsikan bahwa link transmisi dalam keadaan *clear sky* ;

- Daya output Transmitter

$$\text{EIRP} = \text{Output PLL} - \text{Loss} + \text{Gain antenna}$$

$$\text{EIRP} = 47 \text{ dBm}$$

- Rugi – rugi propagasi

$$\text{Propagation Loss} = \text{Free Loss Space} + \text{Multipath Fading}$$

$$= 146,3597 \text{ dB}$$

- Daya pada input receiver

$$\text{Input receiver} = \text{EIRP} - \text{Propagation Loss} + \text{Gain Antenna} - \text{Equipment Loss}$$

$$\text{Equipment Loss} = \text{Loss mixer, image noise pada mixer, NF amplifier \& receiver}$$

$$= 22 \text{ dBm}$$

$$\text{Sehingga Input Receiver} = 47 - 146,3597 + 33 - 22$$

$$= -88,3597 \text{ dBm}$$

$$\text{Noise Floor Receiver} = \frac{En^2}{4 \times R}$$

$$= \frac{(4 \times R \times k \times T \times B)}{4 \times R}$$

$$= -173,978 \approx -174 \text{ dBm ( untuk Bandwidth 1 Hz)}$$

Untuk receiver kita yang mempunyai bandwidth sampai 300 Hz maka didapat noise floor sebesar :

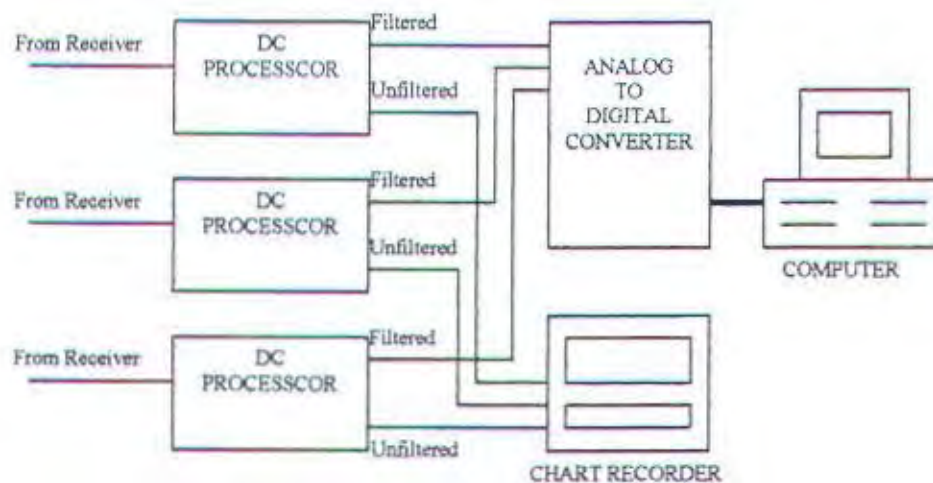
$$\begin{aligned}\text{Noise Floor Receiver} &= -174 + 10 \log 300 \\ &= -149,23 \text{ dBm}\end{aligned}$$

Dengan demikian maka dynamic range yang kita miliki adalah :

$$\text{Input receiver} - \text{Noise floor receiver} = 60,8703 \text{ dB}$$

### III.4 Sistim Data Aquisisi

Sistim aqisisi data yang akan digunakan adalah sistem aqisisi yang menggunakan metode yang sama dengan yang digunakan pada sistim komunikasi Ku Band. Adapun konfigurasinya adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3 Perangkat Aquisisi Data

Signal *intermediate frequency* 10 MHz output dari mixer dikuatkan oleh *IF amplifier* kemudian diumpankan pada PLL Receiver. Pada PLL receiver ini sinyal



dirubah menjadi tegangan dc yang besarnya tergantung pada besar level sinyal penerimaan, yang besarnya selalu berubah sesuai dengan perubahan yang terjadi pada kanal propagasi. Setelah dirubah menjadi sinyal dc, output dari PLL receiver ini diumpankan pada dc processor.

Pada dc processor sinyal dc dengan level tertentu ini mengalami pengkondisian, penguatan dan pembatasan, apabila sinyal yang diterima terlalu lemah maka sinyal tersebut akan dikuatkan, dan sebaliknya apabila level sinyal yang diterima terlalu tinggi akan dilakukan pembatasan, penguatan dan pembatasan yang dilakukan ini bergantung pada karakteristik dari analog to digital converter yang akan digunakan untuk mengubah sinyal tersebut menjadi sinyal digital dan indikasi apa yang diwakili oleh sinyal tersebut (karena setiap kanal mempunyai kegunaan yang beda). Sementara ini terdapat tiga dc processor yang kita gunakan. DC processor yang pertama melakukan proses untuk kanal *Line of Sight* (LOS) A, yang kedua digunakan untuk kanal LOS B, output dari kedua dc processor ini mempunyai range 0 – 10 V, sedangkan dc processor yang ketiga melakukan proses untuk  $\Delta f$  dengan range output -5 sampai + 5 V.

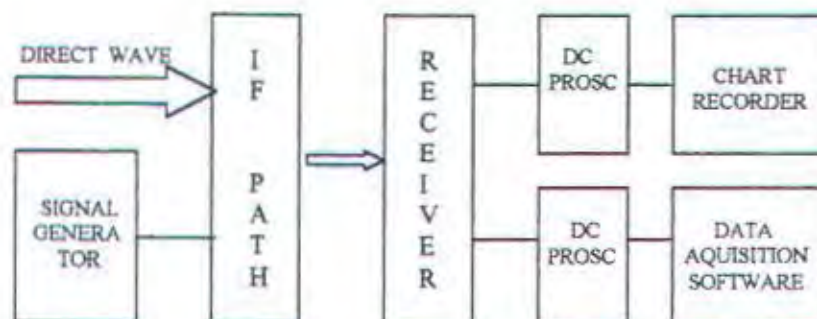
Pada setiap kanal dc procesor terdapat dua jenis keluaran, pertama dihubungkan pada chart recorder dan yang lain dihubungkan dengan filter aliasing yang selanjutnya dengan data acquisition software pada sebuah PC. Chart recorder yang kita gunakan mempunyai delapan kanal. Output ketiga kanal dc processor tersebut diumpankan pada tiga kanal dari chart recorder, yang secara terus menerus

merekam perubahan level yang senantiasa mengikuti perubahan level sinyal yang diterima secara analog.

Sedangkan pada filter aliasing sinyal yang diterima dari dc processor ini difilter lagi dengan tujuan untuk membersihkan level sinyal yang diterima dari ripple – ripple yang timbul. Selanjutnya sinyal ini dirubah menjadi sinyal digital kemudian data tersebut disampling dengan frekuensi 1 Hz untuk selanjutnya diolah dengan menggunakan software data aquisisi.

#### III.4.1 Kalibrasi Sistim Aquisisi Data

Kalibrasi sistim aquisisi bertujuan untuk memastikan apakah sisitim aquisisi data yang digunakan dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Dimana terjadi sinkronisasi antara perubahan level sinyal yang diterima dengan level sinyal yang ditunjukkan oleh chart recorder maupun software data aquisisi. Sebagai sumber gelombang dengan frekuensi *intermediate* (IF), kita menggunakan Rohde & Swacth signal generator. Adapun rangkaian kalibrasi adalah sebagai berikut:



Gambar 3.4 Konfigurasi Kalibrasi Perangkat Data Akuisisi



Seperti pada tampak gambar rangkaian kalibrasi, sinyal *intermediate frequency* 10 MHz dengan level - 60 dBm diinputkan pada *if path*. Dengan level sinyal input ini, skala penunjukan pada receiver yang terjadi pada skala penuh (*full scale*) atau 0 dB pada penunjukkan attenuasi, dan didapat perbedaan penguatan antara kedua kanal LOS A dan LOS B sebesar 40 dB. Jika penunjukan pada meter tersebut belum mencapai *full scale*, maka harus diatur penguatan yang terjadi pada IF amplifier tingkat pertama. Sedangkan apabila beda penguatan antara kedua kanal tidak mencapai 40 dB, perlu dilakukan pengaturan penguatan pada *IF amplifier* tiap kanalnya. Pada saat melakukan pengaturan gain pada kedua kanal ini, kita harus memperhatikan ketidak *linear* - nya perangkat, baik pada tingkat receiver, dc processor, maupun, filter aliasing, maka kita harus menggunakan *receive path* yang sama, untuk kalibrasi kedua kanal. Dengan cara yang sama kita dapat mengetahui penguatan yang diberikan oleh tiap *IF amplifier* pada tiap kanalnya.

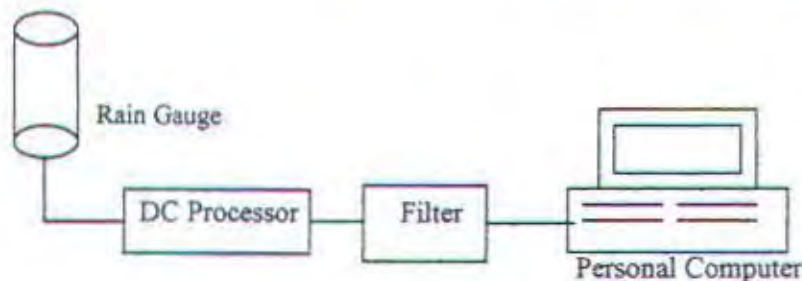
Setelah keadaan seperti yang diinginkan tercapai, langkah selanjutnya adalah melakukan kalibrasi penunjukan perubahan level yang terjadi. Diharapkan perubahan level yang terjadi pada input *IF path* dapat ditunjukkan dengan harga yang sesuai oleh sistim akuisisi data. Perubahan level dapat disimulasikan dengan pemberian step attenuator pada output signal generator. Untuk chart recorder, pengaturan dapat dilakukan dengan mengatur level tuner dan gain amplification tuner pada dc processor, sampai penunjukkan pada chart recorder sama dengan keadaan sebenarnya atau dapat juga dibantu dengan pengaturan skala penunjukkan dan pengaturan level pada chart recorder itu sendiri.



Sedangkan untuk software data akuisisi, dapat dilakukan hal yang sama yaitu mengatur level tuner dan gain tuner pada dc processor, atau dapat diperhalus dan dibantu oleh pengaturan threshold level dan gain amplification secara software. Setelah hal diatas telah lengkap dilaksanakan, sistim ini siap digunakan dan diintegrasikan dengan *RF front end*.

### III.5 Rain Meter

Penggunaan rainmeter pada penelitian ini sangatlah penting mengingat besarnya pengaruh redaman hujan pada transmisi gelombang Ka Band. Adapun konfigurasi perangkat pengukuran curah hujan ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.5 Konfigurasi Pengukuran Curah Hujan

#### III.5.1 Prinsip Kerja Rain Meter

Rain meter adalah alat yang berfungsi untuk menghitung curah hujan disuatu tempat. Aalt inimerupakan standard pengukuran dari stasiun cuaca, dan merupakan persyaratan dari suatu pengukuran propagasi. Bagian yang terpenting dari rain meter

ini adalah rain gauge, pengukur curah hujan, itu sendiri. Berdasarkan jenis dari rain gauge terdapat beberapa macam rain meter

#### III.5.1.1 Weighing Type

Rain gauge jenis ini mungkin merupakan model paling sederhana dari rain meter. Rain meter jenis ini bekerja dengan selalu menimbang jumlah air yang masuk pada sebuah container. Pengukuran dilakukan dengan mengosongkan container tersebut, apabila sudah penuh. Type ini juga digunakan untuk mengukur laju salju yang turun. Type ini tidak sesuai dengan daerah tropis.

#### III.5.1.2 Float Type

Cara kerja dari rain gauge jenis ini tidak jauh berbeda dengan Weighing Type yang medasarkan pengukuran pada volume air hujan yang masuk kedalam container. Berlawanan dengan Weighing Type, type ini bekerja dengan mengukur kenaikan sesuatu yang mengambang diatas permukaan air. Adapun konfigurasi alat adalah sebagai berikut :



Gambar 3.6 Floating Type Rain Gauge

-	Bucket Volume	2	cc
-	Integration time	3600 – 1	sec
-	Resolution	0,5mm/h	
-	Measurement Range	0,1 – 360	mm/h
-	Ambient Range	5 – 50	mm/h

### III.5.2 Kalibrasi Rain Meter

Untuk mengkalibrasi peralatan rain meter ini dapat dilakukan dengan cara yang mudah. Cara yang kita lakukan yaitu dengan mengalirkan air dengan jumlah tertentu pada rain meter. Apabila rain meter menunjukkan hasil yang sesuai, maka hal ini menunjukkan bahwa rain meter dapat bekerja dengan baik dan terkalibrasi. Rain meter yang kita gunakan memiliki resolusi sampai 0,1mm. Namun apabila nilai yang ditunjukkan tidak sesuai maka kita perlu melihat beberapa bagian dari rain meter tersebut. Adapun sebagai nilai acuan, dapat mengikuti rumus berikut ini

$$\text{Intensitas hujan} = \frac{X_x \times 1000_{\text{mm}^3}}{20000_{\text{qmm}} \times T_{\text{sec}}} \times 3600 \text{ mm/h}$$

dimana :

$X_x$  = jumlah air yang dimasukkan (cc)

$T_{\text{sec}}$  = waktu alir (sec)

Dibandingkan dengan bagian – bagian yang lain, bagian yang sering menyebabkan kesalahan pengukuran adalah pada rain meter dari type ini adalah



tipping bucket itu sendiri. Apabila pergerakan tipping bucket tidak lancar hal ini menyebabkan tidak sesuainya periode terjadinya hujan. Dengan demikian maka tip time yang dihasilkan pun tidak sesuai, sehingga konversi menjadi intensitas hujan mm/h pun tidak sesuai lagi.

Selain dikarenakan oleh pergerakan tipping bucket yang tidak lancar, terdapat penyebab – penyebab lain, diantaranya :

- Disebabkan oleh basah nya lapisan dalam dari rain meter, sehingga dapat mengalirkan air ke tipping bucket.
- Errors yang disebabkan oleh penguapan air yang terdapat dalam rain gauge.
- Percikan yang terjadi pada saat air memasuki bucket.
- Banyaknya air masuk yang disebabkan oleh turbulensi angin.

### III.5.3 Perhitungan Prakiraan Redaman Hujan

Perhitungan prakiraan hujan dilakukan berdasarkan persamaan dan data – data yang didapat dari ITU – R. Adapun perhitungan tersebut adalah sebagai berikut :

**Data :**

$$k_h = 0,1616$$

$$k_v = 0,1456$$

$$\alpha_h = 1,0298$$

$$\alpha_v = 1,0055$$

$$k = \frac{(k_h + k_v)}{2}$$

$$k = 0,1536$$

$$\alpha = \frac{(k_h \cdot \alpha_h + k_v \cdot \alpha_v)}{2k}$$

$$\alpha = 1,0183$$

Redaman spesifik yang dihasilkan:

$$\gamma_R = kR^\alpha \quad \text{dB/km}$$

Berdasarkan data pengukuran curah hujan yang dilakukan di Surabaya Indonesia pada tahun 1997<sup>34</sup>. Didapat intensitas curah hujan untuk percentage 0,01% adalah 120 mm/h. Dengan demikian prediksi redaman hujan dapat dihitung :

$$\begin{aligned} \gamma_R &= 0,1536 \times 120^{1,0183} \\ &= 20,1197 \quad \text{dB/km} \end{aligned}$$

Sehingga prediksi redaman hujan dapat dihitung :

$$A_{0,01} = \gamma_R \times L_s \times r$$

$$L_s = \frac{L_g}{\cos \theta}$$

$$r = \frac{1}{1 + L_g / L_o}$$

$$L_s = 5,73 \quad \text{km}$$

$$A_{0,01} = 66,4967 \quad \text{dB}$$



<sup>34</sup> Dissnaysake, Alnut, Haidara, *A Prediction Model that Combine Rain Attenuation and other Propagation Impairment Along Earth Satellite Paths*, IEEE Vol 45 No.10, October 1997

Dari perhitungan prakiraan dan data pengukuran curah hujan yang telah dilakukan, diperkirakan redaman yang akan timbul sebesar,  $A_{0,01} = 66,4967$  dB



**BAB IV**  
**PENYUSUNAN PERANGKAT DAN PENGUKURAN**  
**KARAKTERISTIK PROPAGASI Ka BAND**

---

**IV.1 Perhitungan Link Budget**

Perhitungan Link Budget yang dilakukan saat ini adalah perhitungan mundur berdasarkan level yang diterima oleh penerima. Dengan demikian diharapkan kita dapat membandingkan antara hasil pengukuran dan hasil perhitungan. Meskipun hasil pengukuran yang didapat tidak dapat dinyatakan mutlak benar sehubungan dengan keterbatasan perangkat yang ada. Sedangkan pada hasil perhitungan pun menggunakan asumsi – asumsi tertentu sehingga yang dapat kita lakukan adalah pendekatan pada hasil pengukuran yang dilakukan. Untuk melakukan perhitungan link budget dengan berdasarkan hasil pengukuran, yang digunakan sebagai acuan adalah level penerimaan receiver pada keadaan clear sky. Adapun perhitungan link budget tersebut adalah sebagai berikut. Dari spesifikasi alat dan pengukuran didapat:

Daya output pemancar (EIRP)	= 47 dBm
Gain antenna	= 33 dB
Equipment Loss (RCV)	= 22 dB
Input yang diterima oleh receiver	= -71 dBm

Nilai penerimaan  $-71$  dBm tersebut didapat dengan membandingkan apabila input *IF part* diberikan catuan output dari signal generator Rohde & Swatch pada *intermediate frequency*  $10$  MHz sehingga level penerimaan receiver mencapai hasil yang sama dengan keadaan sesungguhnya (lansung dari transmitter). Dengan cara demikian dapat dihitung path propagation loss yang terjadi sesungguhnya:

$$\begin{aligned}\text{Path Propagation Loss} &= \text{EIRP} - \text{Input Receiver} + \text{Antenna Gain} - \text{Equipment Loss} \\ &= 129 \text{ dB}\end{aligned}$$

Sedangkan berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, nilai path propagation loss pada keadaan celar sky adalah  $146,3597$  dB. Terdapat perbedaan yang cukup besar, yaitu  $17,3597$  dB. Meskipun tidak dapat dibandingkan secara langsung hal ini dapat disebabkan oleh, harga variabel – variabel yang tidak sesuai dengan prakiraan seperti tidak belakunya efek multipath fading secara keseluruhan, yang disebabkan karena tidak diterimanya sinyal yang dipantulkan (berdasarkan perhitungan yang dilakukan pada bab sebelumnya dinyatakan bahwa titik pantul jatuh pada perumahan Kertajaya Indah, yang menyebabkan scattering pada sinyal pantul), dan penggunaan pendekatan beberapa harga redaman yang ditimbulkan oleh perangkat receiver, yang cenderung lebih besar dari yang sebenarnya.

Dengan nilai level input receiver sebesar  $-71$  dBm kita dapat memperoleh lebar *dynamic range* sebesar  $\pm 60$  dB, dengan perhitungan :



$$\begin{aligned}\text{Dynamic Range} &= \text{Input Receiver} - \text{Sensitivity Receiver} \\ &= 59 \text{ dB.}\end{aligned}$$

#### IV.2 Kalibrasi Perangkat Aquisisi Data

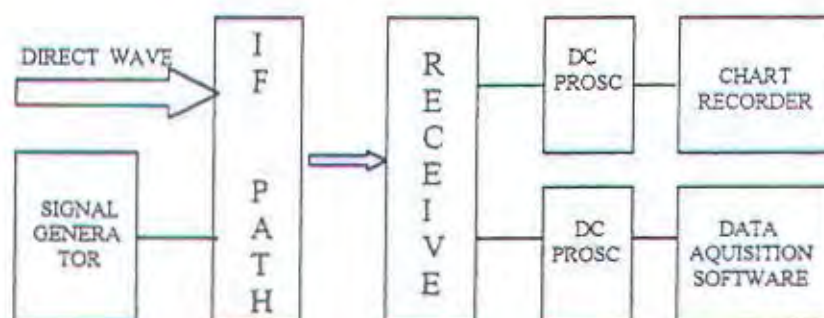
Kalibrasi perangkat data aquisisi ini bertujuan untuk mengoptimalisasikan unjuk kerja dari perangkat data aquisisi sehingga dapat bekerja dengan dynamic range yang maksimal, penunjukan yang sesuai baik chart recorder maupun pada software data aquisisi, dan dapat menyimpan data dengan benar.

Dengan level input receiver  $-71$  dBm pada keadaan clear sky, diatur agar chart recorder menunjukkan besar redaman yang minimal demikian pula dengan penunjukan pada PC, hal ini dilakukan dengan mengatur penguatan pada penguat  $IF$  tingkat pertama, keadaan ini dijadikan acuan bahwa tidak ada redaman yang terjadi pada link transmisi. Untuk melakukan kalibrasi penunjukan perubahan atenuasi atau level, sumber frekuensi diganti dengan signal generator Rohde & Swatch pada level  $-71$  dBm. Langkah selanjutnya adalah melakukan kalibrasi penunjukan pada chart recorder dan software data aquisisi. Untuk chart recorder, hal ini dilakukan dengan mengatur tuner level dan gain pada dc processor, sehingga penunjukan pada chart recorder menunjukkan harga minimal pada saat output receiver maksimal, demikian pula apabila dilakukan perubahan level pada output signal generator Rohde & Swatch, perubahan penunjukan yang terjadi pada chart recorder harus menunjukkan harga yang sama.



Demikian juga dengan penunjukkan pada PC, terdapat tuner level dan gain untuk mengatur level signal input pada filter aliasing. Selain itu pada software data aqisisi ini juga terdapat pengaturan offset level dan gain amplification. Sehingga penunjukan yang dilakukan dapat lebih teliti.

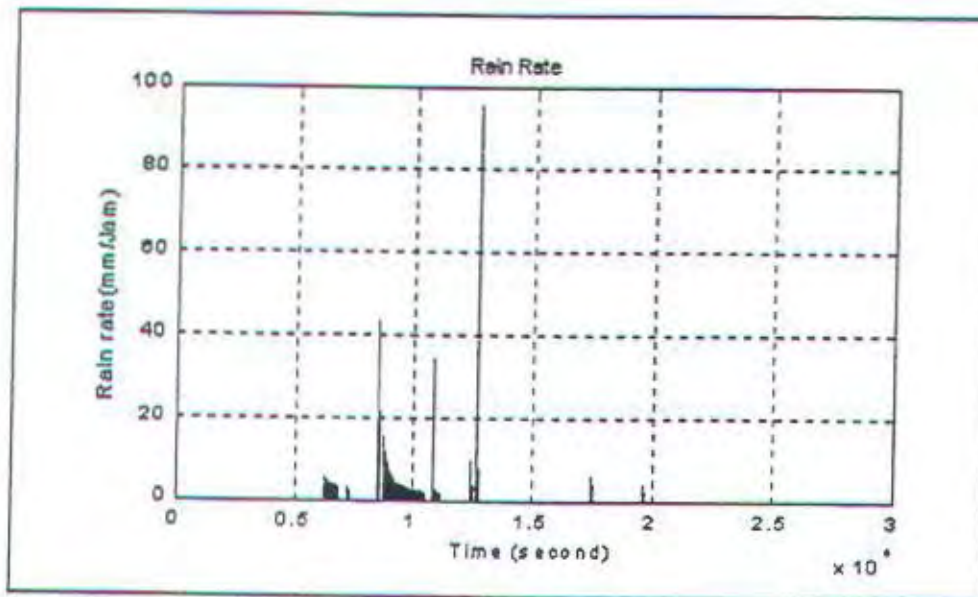
Melalui kalibrasi ini, baik menggunakan chart recorder maupun software data aqisisi terlihat bahwa karakteristik perangkat penerima sangat menentukan unjuk kerja dari sistim, terutama sifat linieritas perangkat. Diharapkan sistim yang digunakan dapat bekerja linier selebar *bandwidth dynamic range*.



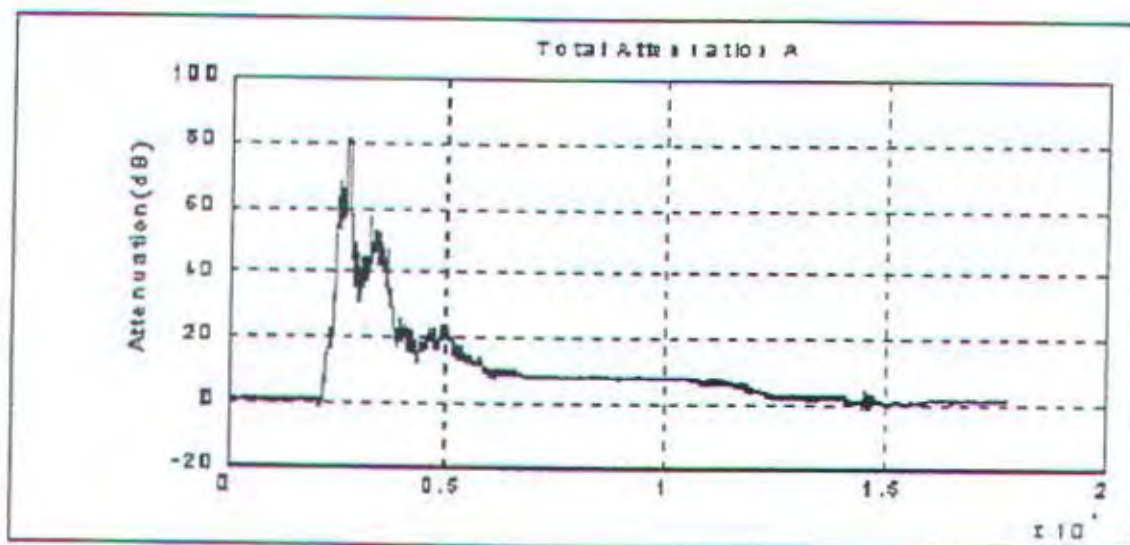
Gambar 4.1 Diagram Blok Rangkaian Kalibrasi

### IV.3 Hasil Pengukuran

Dari observasi singkat sejak bulan November 1997, dengan input level  $-71$  dBm pada receiver, terlihat terjadi perubahan level penerimaan akibat scintillasi  $\pm 2$  dB. Sedangkan pengaruh redaman hujan yang timbul pada intensitas diatas 100 mm/hr melebihi 70 dB margin penunjukkan receiver kita, atau lebih rendah dari sensitivitas receiver kita. Adapun contoh hasil pengukuran yang dilakukan adalah sebagai berikut :



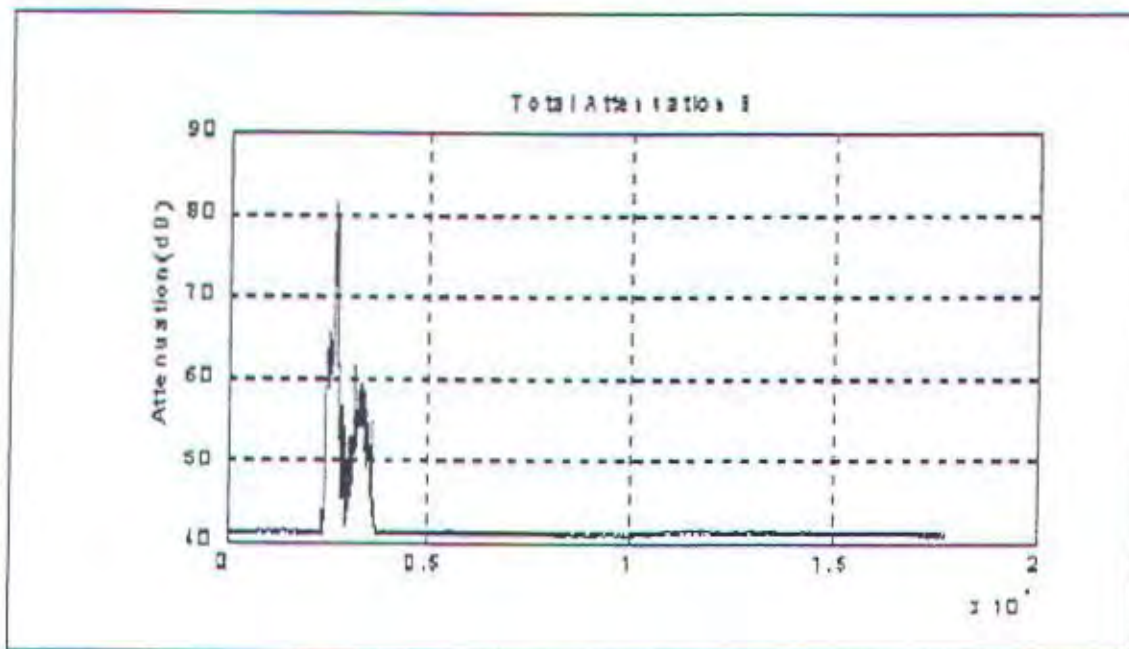
Gambar 4.2<sup>23</sup> Intensitas Curah Hujan



Gambar 4.2 Pengukuran Redaman Hujan pada LOS A

<sup>23</sup> K.H. Liu, J. Dijk, J.C. Van Cranenbroe, EUT - ITS Telecommunication Project Progress Report 2, January 1991.



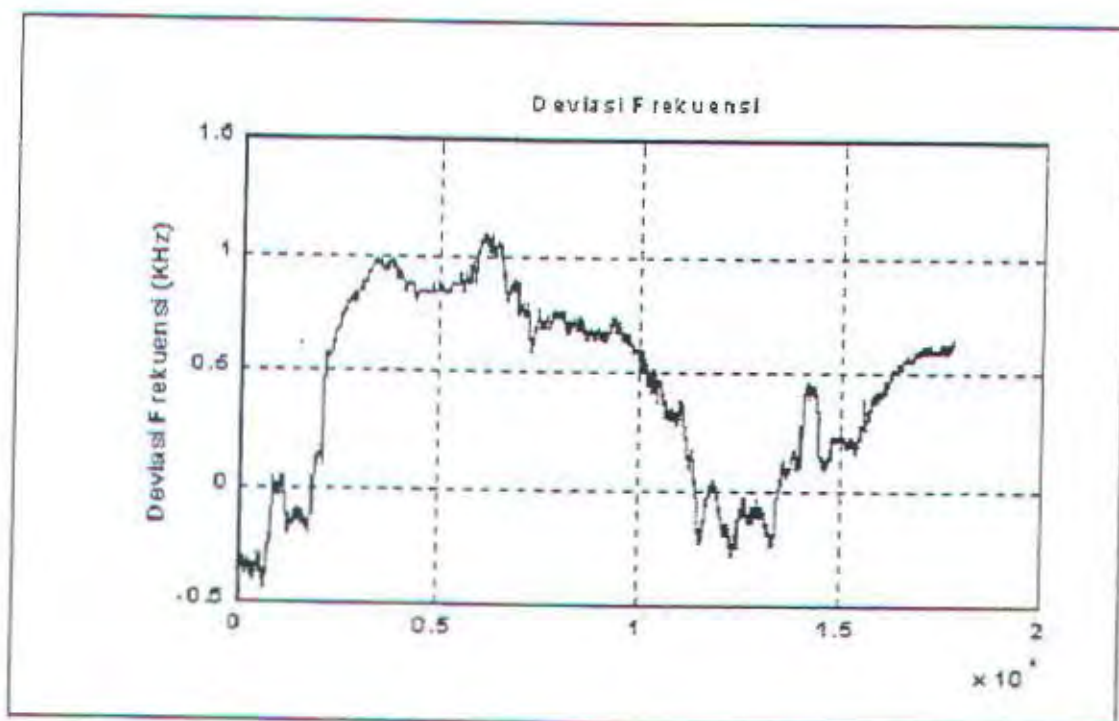


Gambar 4.3 Pengukuran Redaman Hujan pada LOS B

Dari grafik redaman hujan yang dideteksi pada LOS A terlihat bagaimana redaman naik seiring dengan naiknya intensitas hujan yang timbul, sampai dengan redaman 40 dB (diatas nilai tersebut *IF amplifier* pada lintasan ini bekerja tidak linier), dan menurunnya nilai redaman seiring dengan mengeringnya *feeder* dari transmitter dan receiver. Sedangkan LOS B akan bekerja pada saat redaman berada diatas 40 dB, seperti terlihat pada gambar selanjutnya. Apabila kita perhatikan akan terlihat perbedaan kecuraman grafik antara grafik LOS A dan LOS B, hal ini disebabkan oleh sensitivitas dari penguat IF yang berbeda pada tiap cabangnya. Dari grafik nilai redaman yang ditimbulkan oleh hujan pada saat itu mencapai 80 dB, yang berarti sudah diluar dari sensitivitas receiver kita. Namun nilai redaman yang



ditimbulkan ini belumlah maksimum, karena pada hasil pengukuran yang lain didapat kurva redaman curah hujan yang terputus sebelum mencapai titik minimum. Apabila kedua garis pada kurva yang terputus itu di ekstrapolasi, keduanya akan bertemu pada redaman  $\pm 107$  dB. Dengan demikian perlu kiranya dikaji ulang, sistim komunikasi Ka Band yang dapat dipergunakan pada daerah tropis yang dapat mengatasi redaman hujan yang timbul, khususnya di Indonesia.



Gambar 4.4 Pengukuran Deviasi Frekuensi

Selain redaman hujan, dideteksi pula deviasi frekuensi yang timbul. Deviasi frekuensi yang timbul kebanyakan disebabkan oleh bergesernya nilai frekuensi keluaran dari *crystal oscillator*. Perubahan nilai frekuensi ini disebabkan oleh

temperatur ruangan yang terlalu tinggi, mengingat perangkat transmitter ini diletakkan diluar ruangan. Dari hasil pengukuran tampak bahwa pergeseran frekuensi yang terjadi tidaklah besar, sehingga dapat disimpulkan, bahwa perubahan temperatur yang terjadi tidak begitu mempengaruhi unjuk kerja dari *crystal oscillator*. Hal ini dikarenakan *oscillator* yang kita gunakan, adalah *oscillator* yang selalu dijaga temperaturnya, oleh sebuah *oven*.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

---

#### V.1 Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan dan sekilas penelitian yang dilakukan, pada link microwave antara gedung perpustakaan ITS dan PT. INDOSAT Surabaya, dengan frekuensi kerja 28 GHz, dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Kondisi atmosfir dan perubahannya sangat mempengaruhi karakteristik propagasi gelombang Ka Band. Hal ini ditandai dengan range scintillasi sebesar  $\pm 2\text{dB}$ .
2. Redaman hujan yang terjadi pada frekuensi ini sangat besar, sehingga pada intensitas hujan diatas 100 mm/h redaman yang ditimbulkan melebihi 70 dB. Hal ini berarti level penerimaan lebih rendah dari sensitivitas penerima.
3. Linieritas perangkat penerima, baik tingkat RF maupun tingkat IF sangat menentukan unjuk kerja dari sistim akuisisi data yang digunakan. Sehingga penunjukan sistim akuisisi data pun akan liner selebar bandwidth yang diinginkan.
4. Tugas akhir yang dilakukan belum sempurna, baru mencapai tahap persiapan sarana penelitian, yang terdiri dari perangkat radio (transmitter dan receiver), sistim akuisisi, data dan rain meter.



## V.2 Saran

1. Sehubungan dengan keterbatasan kemampuan receiver (sensitivitas  $-130$  dBm) perlu kiranya untuk memeperpendek jarak antara transmitter dan receiver sehingga apabila timbul redaman hujan, kurva redaman hujan yang direkam oleh sistim akuisisi data tidak terputus. Dengan demikian karakteristik kanal propagasi ini dapat diamati seutuhnya.
2. Untuk menghindari terjadinya redaman yang ditimbulkan oleh air atau kandungan uap air didalam wave guide, kita dapat menambahkan *dehydrator* pada RF *front end*.
3. Untuk sempurnanya sistim akuisisi data yang kita miliki saat ini perlukan sistim perekaman yang baru dengan fasilitas hard disc.
4. Penyempurnaan prototype sistim komunikasi gelombang Ka Band ini diantaranya dapat dilakukan dengan, penambahan daya output dan atau peningkatan sensitivitas penerima, seperti dengan menambahkan LNA pada penerima.
5. Dari hasil pengukuran curah hujan diharapkan dapat melengkapi data yang ada, atau memberikan tambahan informasi baru.

## DAFTAR PUSTAKA

---

1. Adi Suryanto, dan Afandi, Laporan Perencanaan Akuisisi Data, Januari 1992.
2. CCIR, Propagation in Non Ionized Media, Volume V, XVIth, Plenary Assembly, 1990.
3. Dissnayake, Allnut, Haidara, A prediction Model that Combine Rain Attenuation and Other Propagation Impairment Along Earth Satellite Path, IEEE Vol 45 No 10, October 1997
4. J. Dijk, L.J.M. Wijdemans, G. Brussaard, Respons for Intelsat Request for Proposal INTEL-770 dated April 1988, Eindhoven, 30 June 1988.
5. J.P.F. Willekens, K.G. Holleboom, J.Dijk, G. Brussaard, Final Report of the African Telecom Propagation Pilot Project, Eindhoven, January 1997
6. Karasawa Yoshio, and Matsudo Takashi, Characteristic of Fading on Low Elevations Angle Earth Space with Coherent Rain Attenuation and Scintillation, IEEE Transaction on Antenna and Propagation, vol 39, No. 5, May 1991.
7. M.J. Pals, K.G. Hollebom, Eindhoven University of Technology, A Low Cost Data Processing System for Radio Wave Propagation Research, May 1988.
8. Olsen Roderic L, and Tjelta Terje, Member IEEE, World Wide Technique for Predicting the Multi path Fading Distribution on Terrestrial L.O.S. Link: Background and Result Test, 1993.

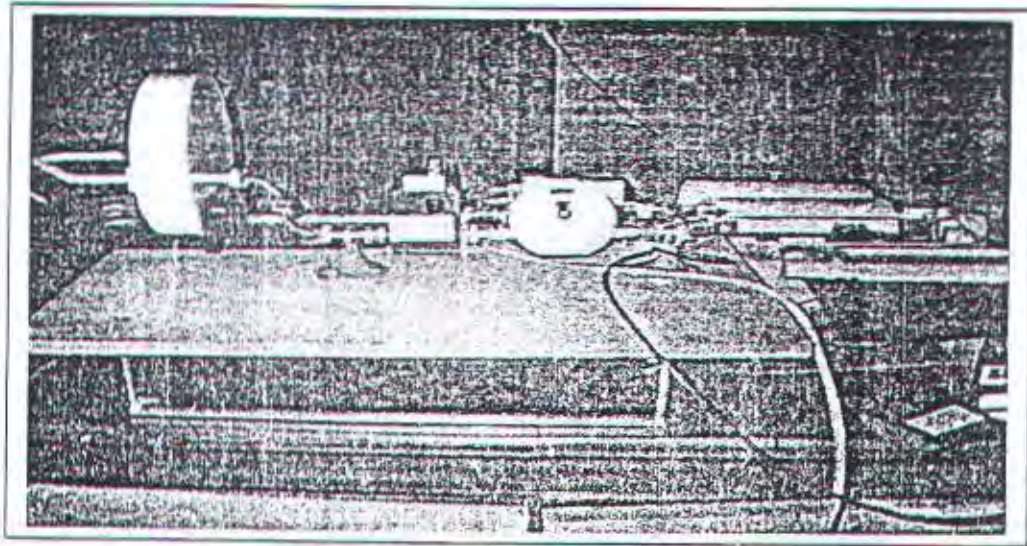
9. Olsen Roderic L, Tjelta Terje, and Martin Louis, Systematic Development of New Multivariable Technique for Predicting The Distribution of Multi path Fading on Terrestrial Microwave Link, IEEE Transaction on Antennna and Propagation, vol 38, No.10, October 1990.
10. R.F.J. Schaffels, and W.T.E. Vaessen, Feasibility Studying Concerning A Microwave Propagation Measurement in the Monsoon Tropical Climate Regions of Indonesia, March 1995.
11. Townsend, A.A.R., Digital Line of Sight Radio Link a Hand Book, Prentice Hall International Ltd., New York, 1988.



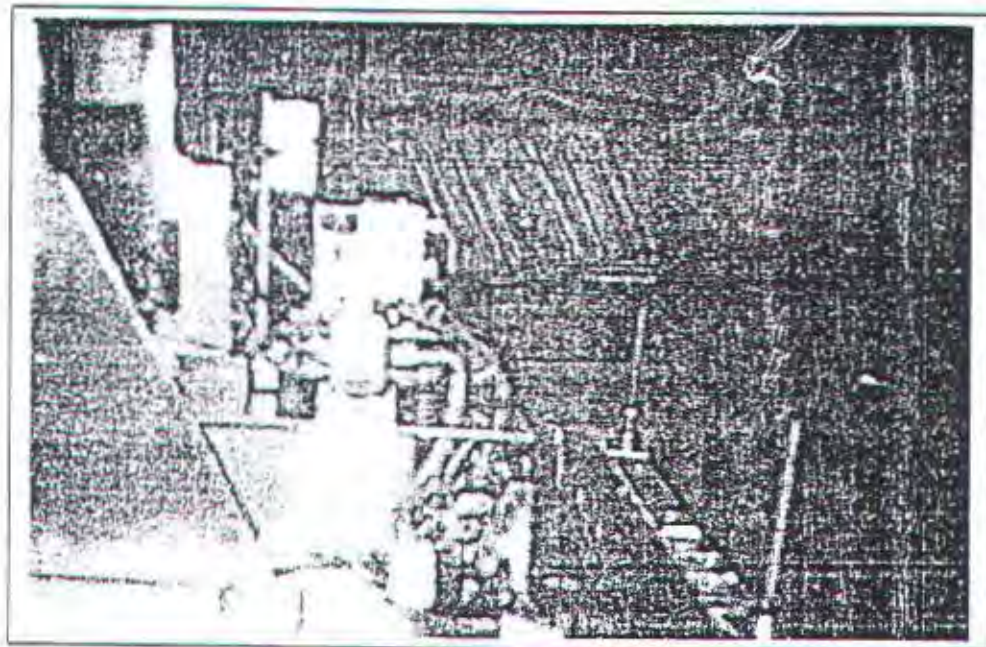
## LAMPIRAN

---

### 1. Perakitan Receiver

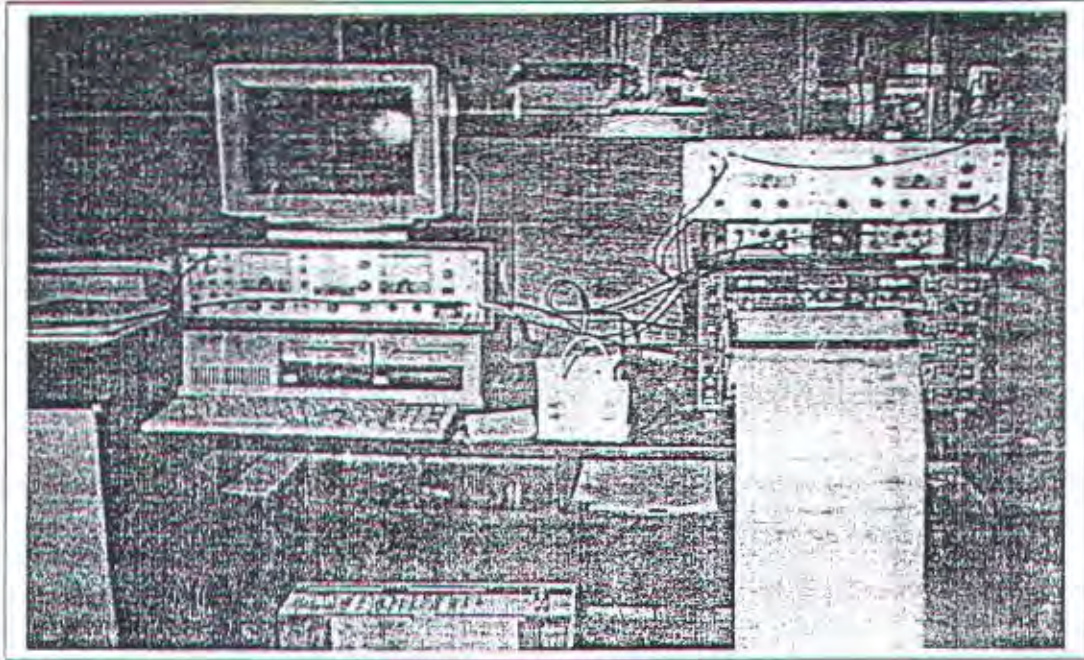


### 2. Perakitan Transmitter

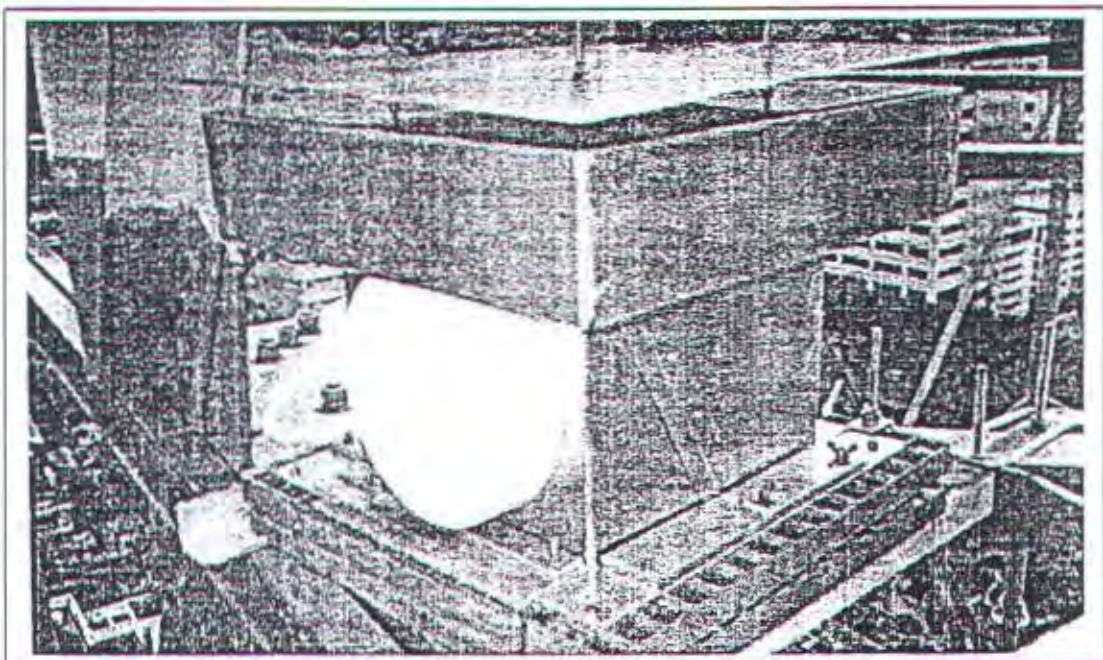




### 3. Perakitan Sistim Akuisisi Data

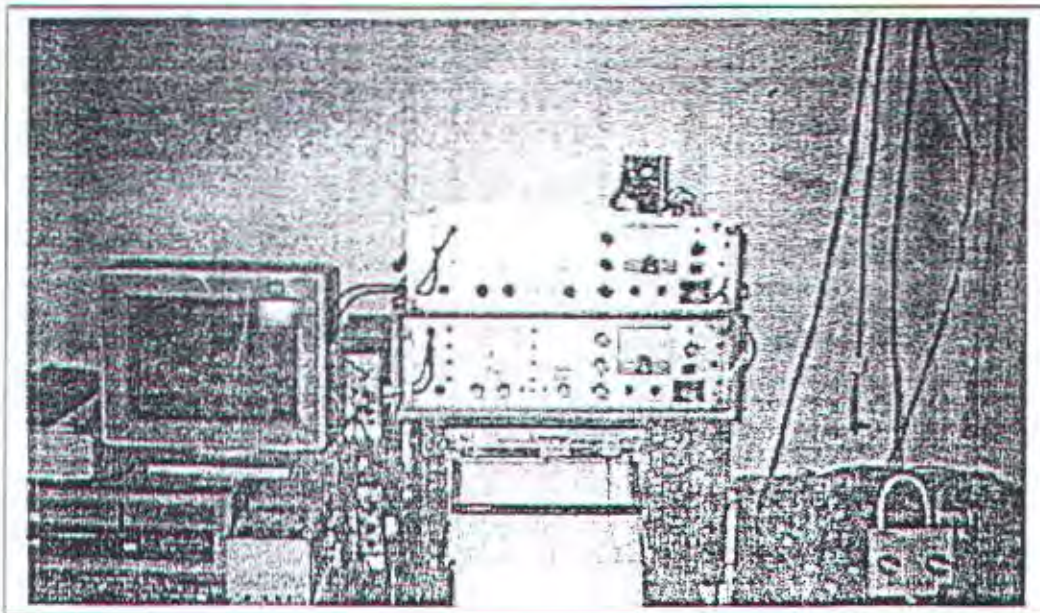


### 4. Penempatan Transmitter

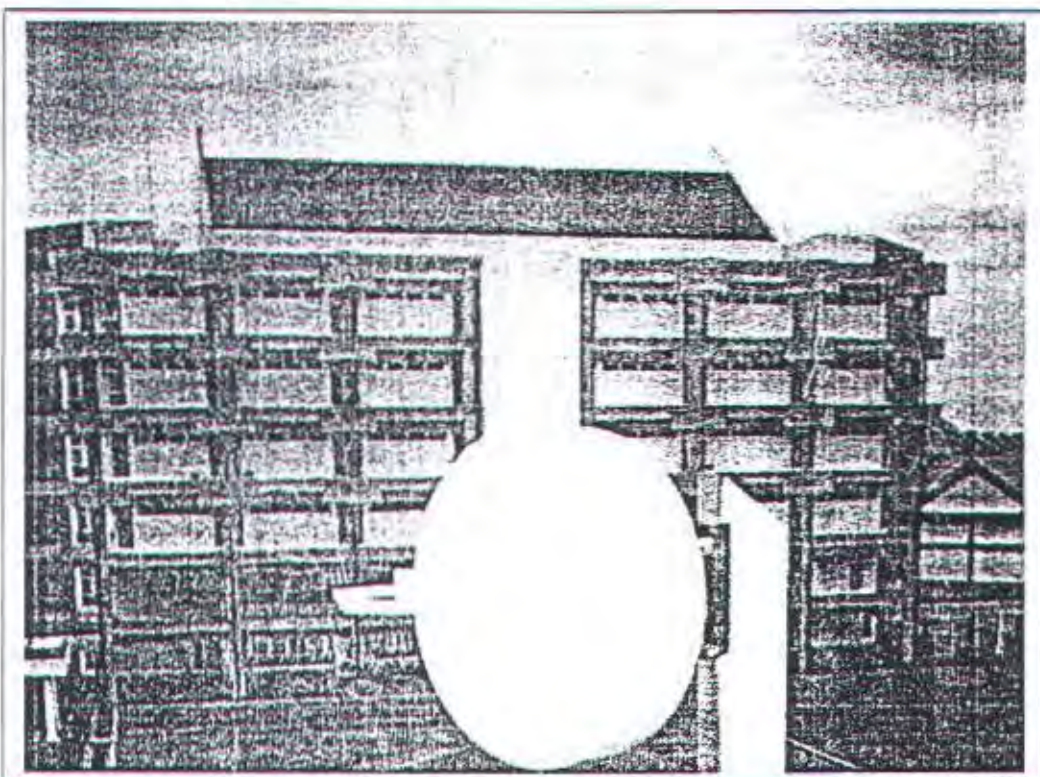




5. Penempatan Receiver

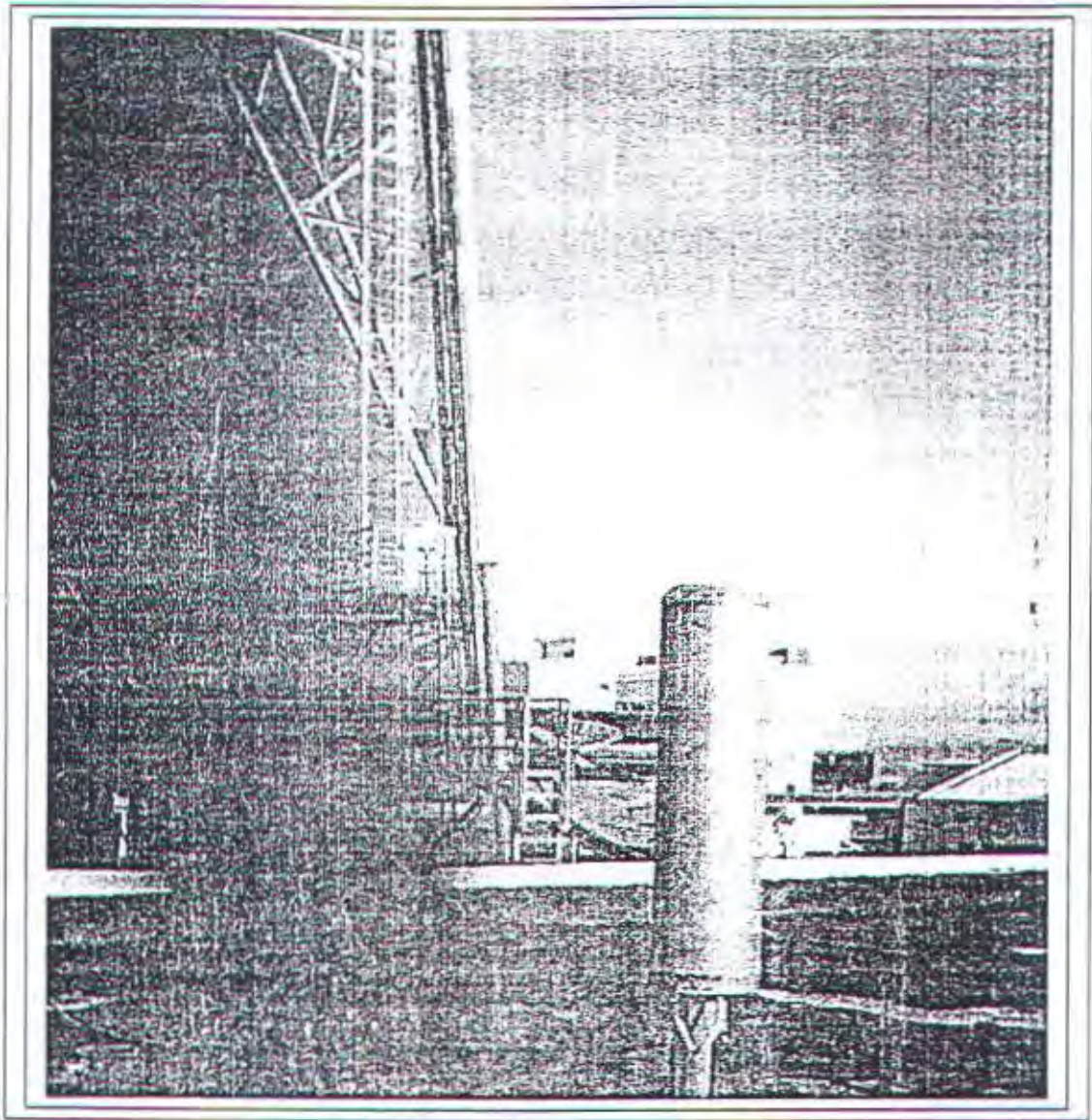


6. Penempatan Horn Receiver





7. Penempatan Rain Meter



## SETTING AKHIR PERANGKAT

---

### 1. IF amplifier

First IF amplifier gain = 59 dB

$\Delta$  gain antara kedua IF path = 40 dB

### 2. PLL Receiver

#### LOS A PLL Receiver

Loop Bandwidth = 100 Hz

Auto Mode = Sweep

Bandwidth Detection = 1 Hz

Measured Frequency = 10 MHz

Measured Level = 0 dBm

#### LOS B PLL Receiver

Loop Bandwidth = 100 Hz

Auto Mode = Sweep

Bandwidth Detection = 1 Hz

Measured Frequency = 10 MHz

Measured Level = 0 dBm

### 3. DC Processor

#### LOS A

Gain = 1.35

Level = 8.18

#### LOS B

Gain = 1.31

Level = 6.33

#### $\Delta$ Frequency

Gain = 9.26

Level = 5.34

#### Rain Meter

Gain = 0.32

Level = 5.09

### 4. Filter Aliasing

Channel 1 =  $\Delta$  Frequency

Channel 2 = LOS A

Channel 3 = LOS B

Channel Rain Meter



## 5. Chart Recorder

Speed = 3 cm/h

Range full scale = 10 V

Channel 1 = LOS A

Channel 2 = LOS B

Channel 3 =  $\Delta$  Frequency

Channel 4 = Rain Meter

## 6. Data Acquisition Software

### Channel 1 ( $\Delta$ Frequency)

Signal Offset (-5 Volt) = -32.000

Signal Amplification (1/Volt) = 4.55

Threshold Level = 5.00 Hz

Slope = 0.3 KHz/10sec

### Channel 2 (LOS A)

Signal Offset (-5 Volt) = -28.000

Signal Amplification (1/Volt) = 10.000

Threshold Level = 22 dB

### Channel 3 (LOS B)

Signal Offset (-5 Volt) = 40.000

Signal Amplification (1/Volt) = 10.000

Threshold Level = 43 dB



## Measurement Set Up for a Ka-band Line-Of-Sight Radio Link Propagation Experiment in Surabaya

Mochamad Salehudin<sup>1</sup>, Bagus Hambali<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Electrical Engineering, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS),  
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia  
E-mail : saleh@indosat.net.id ; bagus.h@indosat.co.id

### Abstract

This paper describes the measurement set-up of a Ka-band Line-Of-Sight (LOS) Radio Propagation Experiment over a 5.73 km Link in Surabaya. The set-up consists of a transmitting sub-system mounted on the PT INDOSAT tower, at an elevation of 60 m above sea level, and the receiving sub-system, which are located at the ITS Library building at 20 m of height above sea level.

The transmitting sub-system produces transmitted signal of 47 dBm EIRP at 28 GHz and the receiving sub-system has 80 dB dynamic range at 0.1 dB resolution. The received signal is fed to a computer based data acquisition sub-system for further processing. In view of observing the signal attenuation due to rain, which is the most prominent propagation factor, two tipping-bucket rain-gauges are incorporated in the set-up. These are both installed at the transmitting and the receiving sites and can collect local rain fall data up to 300 mm/hr at 2 mm/hr resolution.

From the trial data recordings, some observed signal showed signal level variations, probably due to scintillation, of about 2 dB p-p and rain attenuation of more than 80 dB at rain-fall rate more than 100 mm/hr.

**KEYWORDS:** radio propagation, Ka-band communication systems, data acquisition systems, rain attenuation.

### 1. Introduction

Broadband multi-media services delivered to the very small end-user terminals are best provided using the Ka-band. Ka-band services, however, may be severely affected by rain and propagation effects, so accurate characterization of these impairments are very important in any Ka-band system and link design.

Some Ka-band propagation measurement campaign, using the OLYMPUS [1] and ACTS [2] satellites, has produced an extensive database for temperate regions in Europe and North America. In addition, the ACTS available propagation measurement results offer a characterization of temperate, arid, sub-tropical and sub-arctic areas for some locations in the USA and Canada. However, Ka-band data for tropical areas are nearly unavailable.

The recent Ku-band measurement campaign in low latitude [3], has provided much data allowing the refinement of the ITU-R model and the generation of more accurate rain attenuation prediction models [4]. Due to the lack of measured data, however, it is difficult to assess the accuracy of predictions models at Ka-band for tropical climates. In view of the execution of

a Ka-band propagation measurement in tropical areas, like in Indonesia, an attempt in applying some Ka-band propagation prediction models was conducted [5].

Further, in order to study the characteristics of the Ka-band propagation in tropical regions, a measurement campaign has been set-up over a 5.73 km Ka Band Line Of Sight (LOS) Radio Link in Surabaya, beginning from February 1999, for duration of 2 years. This work has been jointly established by ITS, the Eindhoven University of Technology (EUT), the Netherlands, and PT INDOSAT. For this, a measurement set-up has been constructed and consists of the transmitting sub-system, located at PT INDOSAT Premises in the inner city of Surabaya, and the receiving sub-system, located in the the ITS Campus at Sukolilo, Surabaya.

### 2. System Set Up and Description

#### The transmitting subsystem

The heart of the transmitting sub-system is a continuous wave transmitter, consisting of a thermally stabilized crystal oscillator, a phase-locked-loop frequency multiplier and a 45 cm parabolic antenna having 33 dB of gain. This sub-system is mounted on the PT INDOSAT



tower, at an elevation of 60 m above sea level and can deliver transmitted signal of 47 dBm EIRP at working frequency of 28 GHz. The transmitter block diagram is shown in Figure 1.

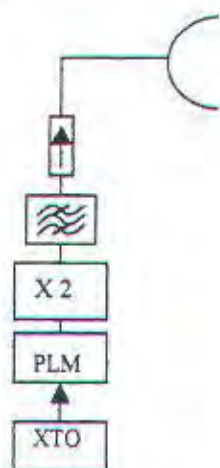


Fig.1 Transmitting sub-system

The thermally stabilized crystal oscillator (XTO) generates 93.33333 MHz intermediate frequency. This frequency is firstly multiplied 150 times at PLL multiplier (PLM), and then finally doubled using another frequency multiplier. The output signal level is about 14 dBm and is fed to the antenna through a harmonic filter and an isolator.

#### The receiving subsystem

The receiving and the data acquisition sub-systems are located at the ITS Library building at 20 m of height above sea level. The receiving sub-system consists of the RF and IF parts. The RF part consists of a similar 21 cm parabolic antenna, a double balance mixer, a phase-lock-loop multiplier and a thermally stabilized crystal oscillator. The IF part consists of two chains of IF amplifiers, and two 10 MHz PLL receivers, which enable 80 dB dynamic range and 0.1 dB resolution.

The receiving sub-system is shown in Figure 2. The 93.300000 MHz intermediate frequency generated by the XTO is multiplied 300 times at the PLM and frequency doubler, which give an output frequency of 27.990 GHz. Mixing this to the received signal at RF mixer, gives a 10 MHz intermediate frequency (IF) output. This IF output signal is then amplified by an IF amplifier, before it is separated and fed through two IF chains with

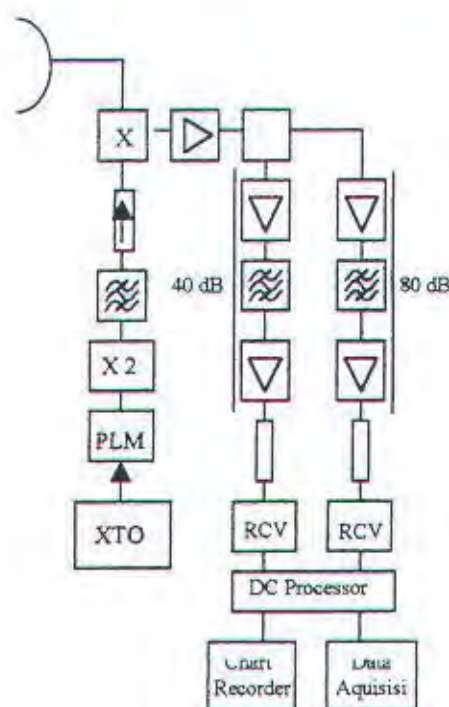


Fig.2 Receiving sub-system

The aim of this separation is to enable a wider receiver dynamic range. In this case, the IF gain at one path is 40 dB and is 80 dB at another, which gives about 80 dB IF receiver dynamic range. The output signal of these PLL receivers is then fed a PC based data acquisition system through a DC processor, which perform an important conditioning function of the input signal, such as band limiting and amplification to meet suitable level for digitization. This DC processor has two output, one of them is connected to analog chart recorder, and another is connected to anti aliasing filter and Analog-to-Digital Converter which is finally fed to a PC based data acquisition sub-system (DAS).

The DAS performs signal acquisition at 1 Hz data sampling rate and records the average of the signal level variation every 1 minutes or more depending of the importance of some events, such as rain, power-down and other important events[6]. The recorded data is stored on floppy disks for off-line data processing.

In view of observing the signal attenuation due to rain, which is the most prominent propagation factor, the data acquisition system also synchronously acquires the rainfall data produced by two tipping-bucket rain-gauges. These were both installed at the transmitting and the receiving sites and can collect local



rain-fall data up to 300 mm/hr at 2 mm/hr resolution

Besides of signal attenuation and local rain rate, other meteorological data such as temperature, air-pressure and humidity are synchronously recorded to facilitate further data analysis. Furthermore, to ensure the validity and the realibility of system, a daily, a weekly and a monthly cheks and calibration will be performed.

### 3. Preliminary Results

Some preliminary results in the experiment, which were obtained during trial, are rain attenuation and frequency deviation due to the fluctuation of temperature. Some representative samples of them are shown in Figures 3, 4, and 5 respectively.

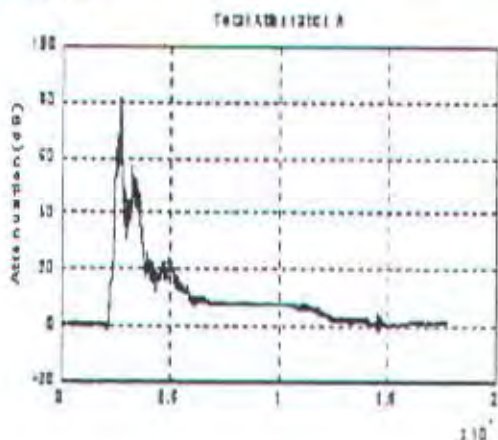


Fig.3 Rain attenuation (IF Chain A)

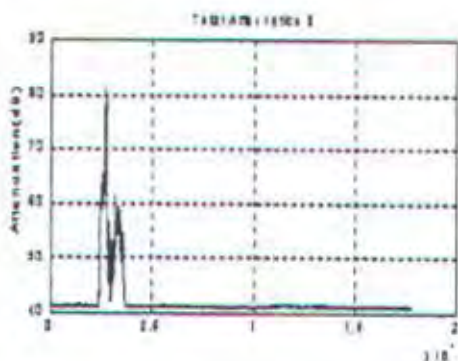


Fig.4 Rain attenuation (IF Chain B)

Figures 3 shows the rain attenuation observed on the IF chain A within 0 to 40 dB range, and

Figure 4 shows the rain attenuation observed on the IF chain B ranging from 40 to 80 dB. From some other results, it was also observed a signal level variathat rain attenuation exceeded 80 dB. After some extrapolation of the data, an attenuation of 120 dB was obatined, in particular if the rain rate is more than 100 mm/h.

Other important information such as frequency deviation due to fluctuation of the temperature is shown in Figure 5.

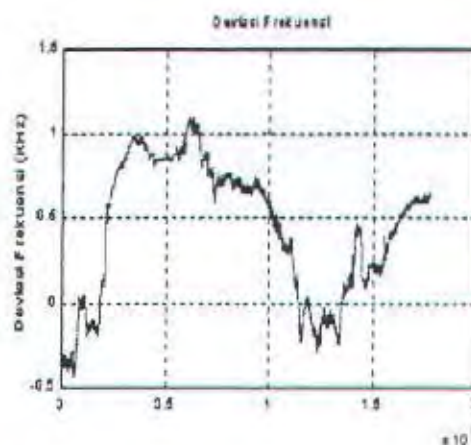


Fig. 5. Frequency deviation vs temperature

Figure 5 shows a maximum frequency deviation which is  $\pm 1$  KHz, and it is considered negli-gible at the working frequency of 28 GHz.

### 4. Concluding Remarks and Future Work

The measurement set-up for conducting a Ka-band LOS terrestrial propagation experiment in Surabaya, Indonesia, was described. The set-up capable to observe and record the rain attenuation over 5.73 km link with 80 dB dynamic range at 0.1 dB resolution and local rain rate up to 300 mm/hr with 2 mm/hr resolution

The measurement campaign, involving ITS, EUT and PT INDOSAT will be conducted for duration of two years, beginning in February 1999. Coupled with some previous works on prediction and simulation [5] and experiments [7] done at ITS, characterization of Ka-band



propagation in tropical regions in view of the introduction of global Ka-band services in tropical regions, such as Indonesia, may be expected. The future results will be used to evaluate and improve existing rain and propagation models and standards for the tropical region for use in Ka-band system planning and link design.

### 5. Acknowledgement

The authors wish to thank to Mr. Hendry and Mr. Aries Purnomo of Telecommunications Division of ITS, also to Mr. L.J.M. Wijdemans and Mr. J.C.v. Cranenbroek of EUT, and PT INDOSAT-Surabaya Division who gave much valuable supports in setting-up this experiment.

### 6. References

1. B.R.A-Rastburg, A. Paraboni, "European Research on Ka-band Slant Path Propagation", Proc. IEEE, Vol. 85, No.6, June 1997, pp. 843-852.
2. R.K. Crane, A. Dissanayake, "ACTS Propagation Experiments: Attenuation Distribution Observations and Prediction Model Comparisons", Proc. IEEE, Vol. 85, No.6, June 1997, pp. 879-892.
3. P.J.L. Maagt, et al, "Results of 12 GHz propagation experiments in Indonesia", Electron. Lett., Vol. 29, October 1993, pp. 1988-1990.
4. A. Dissanayake, et al, "A Prediction Model that Combines Rain Attenuation and Other Propagation Impairments Along Earth-Satellite Paths", IEEE Trans. Antennas and Propagation, Vol. 45, No. 10, October 1997, pp. 1546 - 1557.
5. M. Salehudin, et al, "Prediction of Ka-band Satellite Communication Link Performance in Indonesia", Proceeding of the Fourth Ka-band Utilization Conference, Venice, Italy, November 2-4, 1998, pp. 293-298.
6. M.J. Pals, K.G. Hollebom, "A Low Cost Data Processing System for Radio Wave Propagation Research", Eindhoven University of Technology, May 1988.
7. Eindhoven University of Technology, "11 GHz Satellite beacon Data in the Western Pacific Basin", Final Report, Contract INTEL-770B, 1994.



08 APR 1998

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOVENBER SURABAYA

EL 1799 TUGAS AKHIR - 6 SKS

Nama	:	Bagus Hambali
Nrp	:	2295.109.007
Bidang Studi	:	Teknik Telekomunikasi
Tugas diberikan	:	16 Maret 1998
Pembimbing	:	Dr. Ir. Mochammad Salehudin M.Eng Sc
Judul Tugas Akhir	:	Studi Kualitas Propagasi Terrestrial Gelombang Ka-Band Antara ITS dan PT.(Persero) INDOSAT Tbk.
Uraian Tugas Akhir	:	

Peningkatan penggunaan slot frekuensi dibawah Ku-band (14/12 GHz) sangat pesat diakibatkan oleh meningkatnya pertukaran informasi dengan kapasitas tinggi, yang membutuhkan spektrum frekuensi yang lebar. Dengan demikian diperlukan slot frekuensi yang lebar untuk mengakomodasikan kebutuhan tersebut.


Salah satu alternatif pemecahannya adalah penggunaan slot frekuensi Ka-band (30/20 GHz). Namun pada saat ini penggunaan Ka-band masih terbatas pada penelitian yang baru dilakukan pada daerah sub tropis. Untuk itu ITS, EUT, dan PT.(Persero) INDOSAT Tbk melakukan kerjasama penelitian mengenai karakteristik propagasi terrestrial gelombang Ka-band antara ITS dan PT.INDOSAT.

Dalam Tugas Akhir ini, dibahas rancangan sistim yang digunakan dalam penelitian ini khususnya yang berkaitan dengan perhitungan link budget, set up perangkat seperti antena, pemancar, penerima, dan sistim akuisisi data berikut analisisnya.

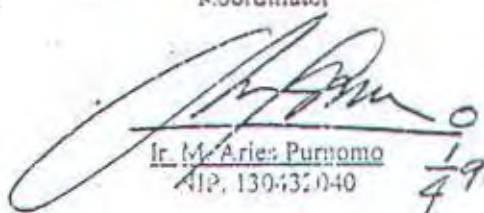
Dengan demikian diharapkan hasil penelitian ini dapat berguna bagi intern ITS, EUT, dan PT.(Persero) INDOSAT Tbk dan dunia telekomunikasi pada umumnya.

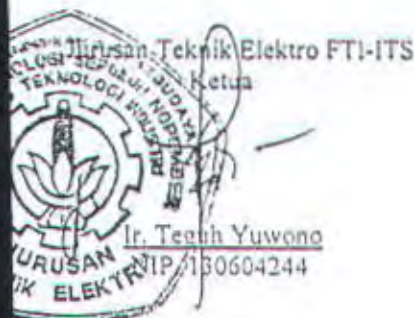
Surabaya, 26 Maret 1998

Menyetujui  
Pembimbing,

  
Dr. Ir. Mochammad Salehudin M. Eng Sc  
NIP. 130532026

Mengetahui,  
Bidang Studi Teknik Telekomunikasi  
Koordinator

  
Ir. M. Aries Purnomo  
NIP. 130431040



## USULAN TUGAS AKHIR

A. *JUDUL TUGAS AKHIR* : STUDI KUALITAS PROPAGASI TERRESTRIAL GELOMBANG Ka-BAND ANTARA ITS DAN PT.INDOSAT

B. *LATAR BELAKANG* : Peningkatan penggunaan slot frekuensi dibawah Ku-band (14/12 GHz) sangat pesat yang diakibatkan oleh meningkatnya pertukaran informasi dengan kapasitas tinggi, komunikasi multimedia misalnya, yang membutuhkan spektrum frekuensi sangat lebar. Dengan demikian, perlu dicari slot – slot frekuensi baru yang mampu mengakomodasikan keperluan kita akan slot frekuensi dengan spektrum lebar.

Salah satu alternatif penggunaan slot frekuensi adalah slot frekuensi Ka-band (30/20 GHz), yang diyakini sebagai solusi keterbatasan spektrum frekuensi baik untuk komunikasi wireless terrestrial maupun komunikasi satellite.

Umumnya penggunaan spektrum frekuensi Ka-band untuk komunikasi terrestrial ataupun satellite masih terbatas pada penelitian, yang dilakukan di daerah – daerah sub tropis, seperti yang dilakukan oleh NASA Amerika Serikat dengan proyek ACTS dan negara – negara Eropa dengan proyek Olympus nya. Sedangkan untuk daerah tropis hal ini belum pernah dilakukan.

Untuk memenuhi kebutuhan tersebut dilakukan dilakukan kerjasama antara ITS, EUT, dan PT.(Persero) INDOSAT Tbk untuk melakukan kajian penggunaan Ka-band jalur komunikasi terrestrial antara ITS dan PT. INDOSAT.



Terdapat beberapa faktor yang sangat mempengaruhi karakteristik transmisi gelombang Ka-band ini, diantaranya, redaman yang disebabkan oleh hujan (mencapai 20 dB menurut penelitian NASA), munculnya efek shadowing yang disebabkan bangunan – bangunan tinggi, dan multi path fading.

Kajian – kajian semacam ini sangatlah perlu mengingat Indonesia adalah negara tropis dengan tingkat curah hujan yang tinggi, guna menyongsong era multimedia..

### **C. PERMASALAHAN**

Untuk mendapatkan karakteristik propagasi gelombang Ka-band pada daerah tropis, dalam hal ini antara lokasi di PT.INDOSAT dan ITS, perlu dilakukan beberapa pengukuran . Untuk itu perlu dipersiapkan;

- Perhitungan link budget antara ITS dan PT.INDOSAT
- Penempatan perangkat transmitter di PT.INDOSAT
- Penempatan perangkat receiver di ITS
- Perancangan dan pemasangan sistim akuisisi data
- Pengukuran kualitas transmisi gelombang Ka-band
- Pengukuran curah hujan

### **D. TUJUAN**

Mengkaji aspek teknis kualitas propagasi terrestrial gelombang Ka-band pada daerah tropis, khususnya antara ITS dan PT.(Persero) INDOSAT Tbk.

### **E. TINJAUAN PUSTAKA**

Kualitas dari suatu sistim komunikasi terrestrial ditentukan oleh beberapa faktor salah satunya adalah kualitas kanal frekuensi itu sendiri, yang diketahui dari pengukuran - pengukuran yang telah dilakukan.

Namun pengukuran kualitas propagasi terrestrial pada frekuensi Ka-band belum pernah dilakukan di daerah tropis. Karena itu dilakukan pengukuran dengan lokasi antara ITS dan PT. INDOSAT.



Sebelum melakukan pengukuran dipersiapkan path profile dari lintasan yang akan digunakan sesuai dengan kaidah sistim komunikasi gelombang mikro, melakukan set up perangkat antenna, transmitter, maupun receiver, sesuai dengan prosedur yang digunakan. Transmitter ini bekerja pada frekuensi 30 GHz, dan menggunakan antenna parabolic dengan diameter 50 cm. Demikian pula untuk receiver, menggunakan antenna dengan diameter 50 cm, dilengkapi dengan data storage, dan chart recorder. Perangkat transmitter dan receiver ini diletakkan di PT. INDOSAT dan kampus ITS yang memiliki path loss 137,6 dB. Kemudian setelah siap dilakukan pengukuran awal, pengambilan data, yang dilanjutkan dengan analisa data hasil pengukuran sesuai tujuan kita dengan bantuan software. Adapun diagram sistem pengukuran terdapat pada lampiran berikut.

#### F. METODELOGI

: Adapun metodologi yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Studi literatur dari hasil – hasil penelitian propagasi pada slot frekuensi diatas 10 GHz untuk propagasi wireless terrestrial yang pernah dilakukan didaerah sub tropis seperti Amerika dan Eropa.
- Melakukan instalasi sistim pengukuran.
- Melakukan pengukuran awal karakteristik propagasi terrestrial Ka-band antara ITS dan PT.INDOSAT.

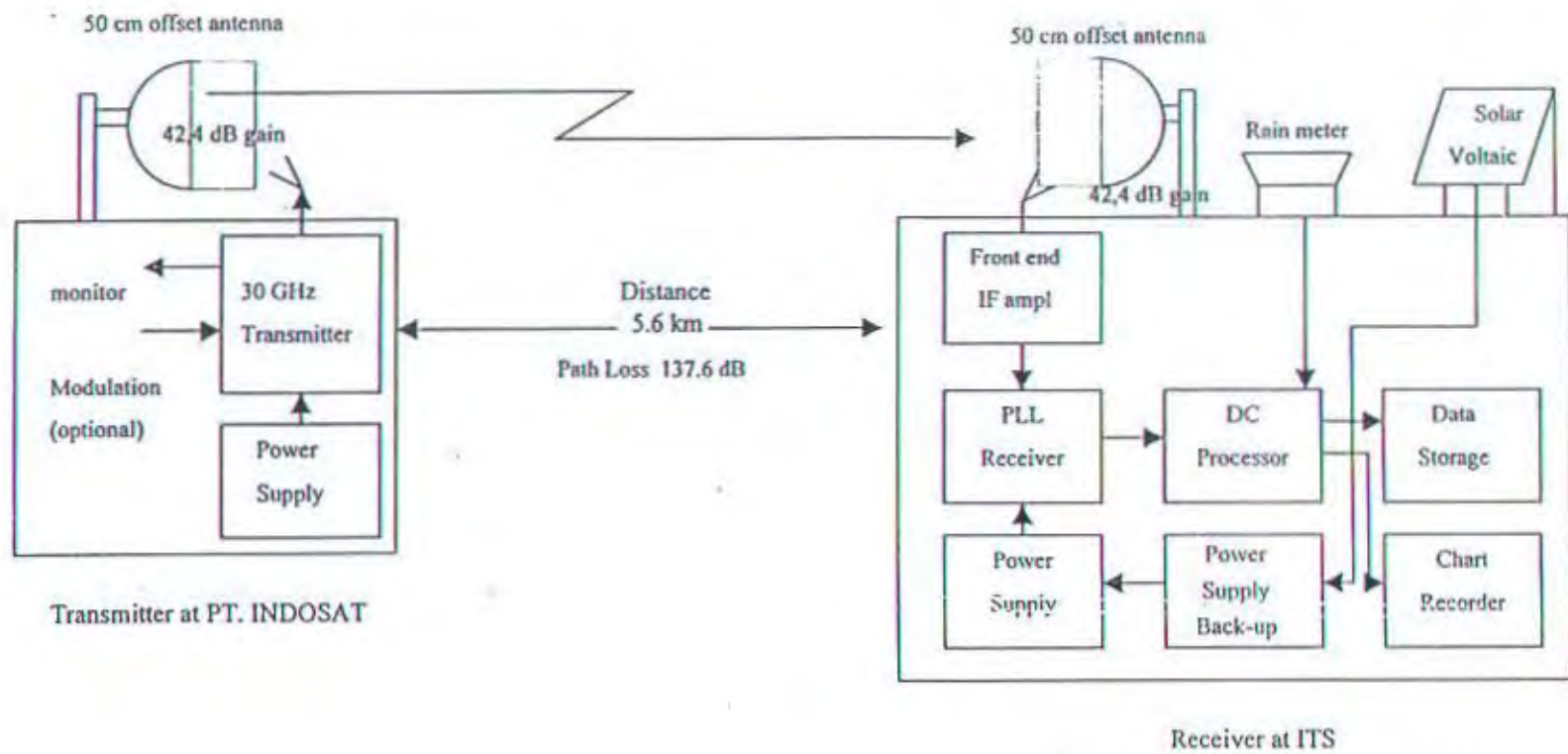
#### G. RELEVANSI

- : - Sebagai bahan pertimbangan bagi masyarakat telekomunikasi Indonesia dalam menyongsong implemantasi spektrum frekuensi Ka-band di era komunikasi multi media, mengingat masih adanya keraguan apakah spektrum frekuensi Ka-band tersebut dapat digunakan diaerah tropis.

- Sebagai wahana penerapan ilmu teoritis yang didapat diperkuliahan.
- Sebagai pelengkap literatur dan informasi tambahan bagi rekan – rekan mahasiswa Teknik Eiektro ITS untuk menambah kasanah pengetahuan telekomunikasi masa depan untuk menjadi bekal menghadapi dunia kerja selepas menyelesaikan studi.

#### H. JADWAL KEGIATAN :

[illegible]



SKEMA SISTEM PENGUKURAN KUALITAS PROPAGASI TERRESTRIAL GELOMBANG Ka - BAND  
ANTARA PT.INDOSAT DAN ITS



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan dikota Bandung pada tanggal 03 – April – 1971 dengan nama lengkap ; Bagus Hambali, dari pasangan orang tua Slamet Subagio dan Yetty Cahyati. Penulis beragama Islam dan beralamat di JL. Rungkut Lor IV/34 Surabaya.

### Riwayat Pendidikan :

- SD Pertamina Tarakan, lulus tahun 1983
- SMP Pertamina Tarakan, lulus tahun 1986
- SMA Negeri 1 Bogor, lulus tahun 1990
- Politeknik Elektronika Surabaya, lulus tahun 1993
- Diterima di Jurusan Teknik Elektro pada jalur Ekstensi pada tahun 1996 dengan Nrp. 2295.109.007, dan mengambil Bidang Studi Teknik Telekomunikasi .

### Riwayat Pekerjaan :

- Diterima sebagai pegawai PT. INDOSAT sejak tahun 1994, dengan lokasi kerja Stasiun Bumi dan Kabel Surabaya hingga saat ini.